



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

**IMPLANTAÇÃO DO DMAIC PARA REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS EM UMA
INDÚSTRIA DE EMBALAGENS PLÁSTICAS PARA ALIMENTOS**

JULIANA MOREIRA DE OLIVEIRA

JOÃO PESSOA

2018

JULIANA MOREIRA DE OLIVEIRA

**IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA REDUÇÃO DE
DESPERDÍCIOS EM UMA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS PLÁSTICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso desenvolvido e apresentado no âmbito do Curso de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica, da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção Mecânica.

Orientadora: Prof.^a Dra. Lígia de Oliveira Franzosi Bessa.

JOÃO PESSOA

2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluna: **Juliana Moreira de Oliveira**

Título do trabalho: **Implantação do DMAIC para redução de desperdícios em uma indústria de embalagens plásticas para alimentos.**

Trabalho de Conclusão do Curso defendido e aprovado em 01.11.18 pela banca examinadora:

Orientadora - Profa. Dr. Ligia de Oliveira Franzosi Bessa

Examinador interno - Prof. Dr. Hugo Harry Frederico Ribeiro Kramer

Examinador interno - Profa. Dr. Juliana Machion Gonçalves

RESUMO

Atualmente, é cada vez mais frequente a atenção reforçada das empresas com as fontes de desperdícios presentes nos seus sistemas produtivos. Nas empresas de embalagens plásticas essa atenção ocorre de maneira mais efetiva, principalmente pelo fato do material plástico possuir uma reputação desfavorável quanto a questões ambientais. Assim, o conceito de Seis Sigma se encaixa perfeitamente nesse contexto, visto que ele busca estruturar e monitorar a qualidade e a estabilidade dos processos desenvolvidos, utilizando na maioria das vezes ferramentas estatísticas de controle. O DMAIC é uma forte metodologia aliada à abordagem Seis Sigma, geralmente utilizada em projetos experimentais. Nesse sentido, o presente trabalho desenvolveu a implantação da metodologia DMAIC em uma indústria de embalagens plásticas, visando propostas de melhorias para investigar e reduzir os índices de desperdícios da empresa. Esses índices foram obtidos através dos dados, reuniões e planilhas disponibilizadas pela empresa em estudo e foram utilizados nas etapas de aplicação do DMAIC. No estudo, os produtos foram divididos em três linhas, sendo selecionada a linha com maior índice de perdas para aplicação da metodologia DMAIC. A implantação detectou que os índices de desperdícios da linha escolhida variaram de acordo com as máquinas e turnos existentes. Como proposta de melhoria foi sugerida a adoção da análise de falhas e a utilização do FMEA de produto, inicialmente para os produtos da linha que apresentou maior variação nos resultados. As melhorias adotadas devem ser monitoradas e controladas através dos índices do FMEA, a fim detectar os problemas que ainda persistirem e buscar a redução a longo prazo dos desperdícios, como almeja o DMAIC.

ABSTRACT

Currently, the companies increased the attention with the sources of waste present in their production systems. In plastic packaging companies this attention occurs more effectively, mainly because the plastic material has an unfavorable reputation on environmental issues. In addition, high competitiveness in the industry requires processes with high quality and low variability. Thus, the concept of Six Sigma fits perfectly in this context, since it seeks to structure and monitor the quality and stability of the processes developed, most often using statistical tools of control. The DMAIC is a strong methodology coupled with the Six Sigma approach, generally used in experimental projects. Thus, the present work had the objective of implanting the DMAIC methodology in a plastic packaging industry, aiming at proposals for improvements to reduce the company's waste indexes. These indices were obtained through the data, meetings and spreadsheets made available by the company under study and were used in the implementation stages of the DMAIC. In the study, the products were divided into three lines, and the line with the highest loss index was selected for application of the DMAIC methodology. Deployment detected that the wastage indices of the chosen line varied according to existing machines and shifts. As a proposal for improvement it was suggested to adopt the failure analysis and the use of the product FMEA initially for the product of the line that presented the greatest variation in the results. The improvements adopted should be monitored and controlled through FMEA indices, in order to detect remaining problems and seek long-term waste reduction, as the DMAIC aims.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de transformação	16
Figura 2 - Significado de Qualidade.....	18
Figura 3 - Modelo de Gestão da Qualidade Total	19
Figura 4 - Melhoria radical x melhoria incremental.....	20
Figura 5 - Etapas do processo sistemático de melhoria contínua	21
Figura 6 - Resultado <i>minitab</i> para análise de variância.....	25
Figura 7 - Gráfico demonstrativo das possíveis variabilidades dos processos.....	26
Figura 8 - Pilares de sustentação do Seis Sigma	27
Figura 9 - Etapas da metodologia DMAIC.....	28
Figura 10 - Processo de extrusão das bobinas	37
Figura 11 - Setor de Termoformagem	37
Figura 12 - Fluxograma do processo produtivo.....	38
Figura 13 - Desperdício mensal das linhas de produtos	40
Figura 14 - Gráfico de Pareto para as causas dos desperdícios	42
Figura 15 - Gráfico da análise de variância do produto 32A nas máquinas e nos turnos.....	47
Figura 16 - Análise do <i>p-value</i> das máquinas e dos turnos	47
Figura 17 - Gráfico da análise de variância do produto 50B nas máquinas e nos turnos.....	48
Figura 18 - Análise do <i>p-value</i> das máquinas e dos turnos do produto 50B	48
Figura 19 - Gráfico das variações das máquinas e dos turnos do produto 56C.....	49
Figura 20 - Análise do <i>p-value</i> das máquinas e dos turnos do produto 56C	49
Figura 21 - Gráfico das variações das máquinas e dos turnos do produto 60 D	50
Figura 22 - Análise do <i>p-value</i> das máquinas e dos turnos do produto 60 D.....	50
Figura 23 - Diferença de variabilidade entre as 4 máquinas	51
Figura 24 - Diferença de variabilidade entre os dois turnos.....	52
Figura 25 - Diferença de variabilidade geral (produtos, máquinas e turnos)	52
Figura 26 - Análise <i>p-value</i> variabilidade geral (produtos, máquinas e turnos).....	53
Figura 27 - Diagrama de Ishikawa para desperdícios na máquina 10 no turno da noite	54
Figura 28 - Exemplo da aplicação do FMEA de produto.....	58
Figura 29 - Gráficos de controle para índices FMEA	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Ferramentas da qualidade: funções e exemplos	22
Tabela 2 - Desperdício mensal por linha de produtos em 2018	40
Tabela 3 - Frequências dos principais motivos de desperdícios.....	41
Tabela 4 - Desperdícios da 32A nas máquinas 08, 09 e 11	44
Tabela 5 - Desperdícios da 50B nas máquinas 09, 10 e 11	45
Tabela 6 - Desperdícios da 56C nas máquinas 09 e 11	45
Tabela 7 - Desperdícios da 60D nas máquinas 09 e 11	45
Tabela 8 - Índices FMEA	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição das etapas do DMAIC	28
Quadro 2 - Relações entre as etapas, objetivos e atividades da pesquisa	34
Quadro 3 - <i>Project Charter</i>	35
Quadro 4 - Classificação das linhas de produtos	39
Quadro 5 - Critérios para escolha dos índices FMEA	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRE – Associação Brasileira de Embalagem

ANOVA – *Analysis of Variance*

CEP - Controle Estatístico de Processos

DMAIC - *Define, Measure, Analyse, Improve, Control*

FMEA - *Failure Modes, Effects Analysis*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas

JIT – *Just in Time*

MASP - Método de Análise e Solução de Problemas

MFV – Mapeamento de Fluxo de Valor

NPR – Número de Prioridade de Risco

PDCA – *Plan, Do, Check, Act*

TQM – Total Quality Management

VOC - *Voice of the Custome*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos específicos	14
1.2 JUSTIFICATIVA	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 OS SISTEMAS PRODUTIVOS E SEUS DESPERDÍCIOS	16
2.2 QUALIDADE TOTAL E MELHORIA CONTÍNUA	18
2.3 CONTROLE ESTATÍSTICO DE QUALIDADE	24
2.3.1 Análise de Variância	24
2.4 SEIS SIGMA	26
2.4.1 Metodologia DMAIC	27
2.4.1.1 Primeira Etapa: Definir	29
2.4.1.2 Segunda Etapa: Medir	29
2.4.1.3 Terceira Etapa: Analisar	30
2.4.1.4 Quarta Etapa: Melhorar	31
2.4.1.5 Quinta Etapa: Controlar	31
3 METODOLOGIA	32
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	32
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE DE ESTUDO	32
3.3 ETAPAS DA PESQUISA	33
4 RESULTADOS	35
4.1 DEFINIR	35
4.1.1 <i>Project Charter</i>	35
4.2 MENSURAR	36
4.2.1 Mapeamento dos Processos	36
4.2.2 Identificação de Pontos Críticos	39
4.2.2.1 Produtos com Maiores Índices de Desperdício	39
4.2.2.2 Principais Causas dos Desperdícios	41

4.3 ANALISAR	43
4.3.1 Estratificação de Dados	43
4.3.2 Análise dos Dados Estratificados (<i>Software Minitab</i>).....	46
4.3.2.1 Análise do Produto 32 A	46
4.3.2.2 Análise do Produto 50 B.....	48
4.3.2.3 Análise do Produto 56 C.....	49
4.3.2.4 Análise do Produto 60 D	50
4.3.3 Análise Conjunta dos Dados (<i>Software Minitab</i>).....	51
4.3.4 Diagrama de Ishikawa	53
4.4 MELHORAR.....	55
4.4.1 Análise de Falhas.....	55
4.4.2 Análise do Modo e Efeito das Falhas (FMEA)	55
4.5 CONTROLAR.....	59
5 CONCLUSÃO.....	60
REFERÊNCIAS	61
ANEXO 1	63
ANEXO 2	64
APÊNDICE A.....	65
APÊNDICE B.....	66

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, é notório o crescimento das indústrias de embalagens em âmbito mundial e sua importância para fomentar o desenvolvimento industrial, econômico e social de um país. Atualmente, as embalagens tornam-se um diferencial competitivo na escolha de um determinado produto. Segundo pesquisas realizadas pela Associação Brasileira de Embalagens (ABRE), alguns dos valores gerados pelas embalagens são facilmente perceptíveis pelo consumidor, sendo eles: praticidade, facilidade de uso, conforto e segurança (ABRE, 2017).

De acordo com um estudo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), as indústrias que mais utilizam embalagens no Brasil são as de alimentos, bebidas, fumo, vestuário e farmacêuticas (IBGE, 2017). Essas indústrias utilizam em seus produtos, uma maior parcela de embalagens plásticas e celulósicas, que juntas representam mais de 70% do uso em relação aos outros tipos de embalagens. Mesmo com uma reputação desfavorável, as embalagens plásticas exercem um papel importante principalmente para as indústrias alimentícias. Elas são responsáveis por uma redução de 30% no desperdício de alimentos, especialmente durante o transporte e armazenamento, pois proporcionam maior conservação e proteção aos mesmos (ABRE, 2016).

Atualmente, no Brasil, um dos principais destaques nos segmentos da indústria de embalagens são as embalagens de materiais plásticos, que representam aproximadamente 39% do faturamento do setor, movimentam R\$ 47 bilhões e geram mais de 200 mil postos de emprego diretos e formais (ABRE, 2017). Essas indústrias, geralmente, trabalham com materiais plásticos termofixos ou termoplásticos. Os termofixos são materiais que podem ser moldados, mas após reações perdem suas propriedades e não podem ser reutilizados. Já os termoplásticos, que possuem maior demanda nas embalagens para alimentos, depois de modelados podem ser fundidos e moldados novamente.

Na atualidade, um dos principais focos de uma organização é a satisfação que seu produto ou serviço proporciona ao cliente. Se estes apresentarem não conformidades, irão receber alta rejeição da sociedade que possui uma opinião crítica acurada do que realmente deseja. Slack et al (2016) afirmam que assegurar que um

serviço ou produto esteja em conformidade com as especificações é a tarefa chave das operações.

Nesse sentido, a Gestão da Qualidade Total (TQM), que possui como base o princípio de melhoria contínua de produtos e processos, define como objetivo principal a satisfação dos clientes. Algumas características organizacionais são fundamentais para que tal sistema de gestão seja implantado, destacando-se entre elas o comprometimento e envolvimento de todos os colaboradores com a melhoria dos processos da corporação. De acordo com Carpinetti (2016) a melhoria contínua se caracteriza como um processo cíclico de contínuo aperfeiçoamento de produtos e processos na direção de grandes melhorias de desempenho, utilizando métodos como ciclo PDCA (*Plan - Do - Check - Act*), Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) e DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*). As ferramentas citadas asseguram a característica cíclica necessária para a melhoria contínua almejada e ainda garantem benefícios significativos em termos de redução de desperdícios.

Assim, com a adoção de conceitos de melhoria contínua e o receio da competitividade no setor industrial, em que é possível observar uma concorrência cada vez mais acirrada, há uma busca incessante da eliminação de qualquer fonte de desperdício nos processos produtivos. As novas tendências industriais se concentram no conceito de enxuto, movimento que aliado com o Seis Sigma compreendem um sistema que deve permear toda a cultura de uma organização (LIKER, 2005). Nesse cenário, a produção enxuta acaba sendo a solução mais assertiva. Aliada às diversas ferramentas de gestão que garantem a melhoria da qualidade dos processos, é a responsável pela eliminação ou redução ao máximo dos desperdícios detectados nas empresas.

O ambiente de estudo do presente trabalho está inserido no contexto descrito, tratando-se de uma indústria de embalagens plásticas alimentícias, localizada na cidade de João Pessoa. Dessa forma, a implantação do DMAIC nessa unidade fabril de embalagens ajudará a reduzir os índices de desperdícios, tendo em vista todos os pontos positivos e satisfatórios que essa metodologia traz com sua adoção.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Implantar a metodologia DMAIC para investigar e reduzir os percentuais de desperdícios de uma indústria de embalagens plásticas para alimentos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Mapear o processo de fabricação dos produtos;
- Identificar e analisar os pontos críticos do processo que geram maiores desperdícios;
- Utilizar o controle estatístico de qualidade para avaliar o desperdício dos pontos críticos identificados;
- Propor soluções e melhorias para os pontos críticos do processo mais significativos.

1.2 JUSTIFICATIVA

Visando a redução de desperdício de produtos acabados na empresa, que atualmente se encontra entre os valores de 3 a 5 toneladas ao mês, a aplicação da metodologia DMAIC busca possibilitar a obtenção de ganhos de produtividade, financeiros e operacionais, justificando grande relevância ao estudo, já que o ambiente fabril e competitivo da atualidade encontra-se sempre em busca do equilíbrio e da melhoria dessas três variáveis.

Isso ocorre devido à relação direta dos desperdícios com as variáveis mencionadas. O primeiro, os ganhos de produtividade, variável inversamente proporcional, se justificam pelo fato de que quanto maiores os percentuais de desperdícios, menores são índices de produtividade e eficiência do processo. Na empresa, esses índices passaram por consideráveis melhorias, mas a instabilidade ainda presente acaba resultando em maiores prazos de entrega e menor flexibilidade dos processos. O segundo, os ganhos financeiros, representam uma das variáveis mais importantes, pois o descarte demasiado impacta negativamente e consideravelmente nos

lucros de toda e qualquer empresa. O último, porém não menos importante, os ganhos operacionais, devem implicar na utilização dos recursos produtivos de maneira efetiva, evitando sempre o retrabalho e a utilização ineficiente dos meios de produção disponíveis.

Além das oportunidades de melhoria para a empresa em estudo, o desenvolvimento do trabalho também possui relevância acadêmica, pois nele o desenvolvimento de ferramentas e conceitos da engenharia ajuda a complementar a formação de futuros profissionais. Colocar em prática os ensinamentos adquiridos nas salas de aulas tornam-se experiências importantes para o crescimento, visão e aprendizado de quem os aplicam.

Não devem ser esquecidas as relevâncias sociais e ambientais obtidas. Nesse contexto, a sociedade tem exigido cada vez mais qualificação e experiência dos profissionais formados. Muitas vezes, a oportunidade de uma aplicação em um ambiente e situação real são experiências válidas para resolução de problemas profissionais futuros, que podem acontecer novamente de forma similar, independente do ambiente de trabalho. A conscientização ambiental deve ter notável consideração, visto que cada vez mais se exige que as empresas produzam o menor número possível de resíduos que agredam o meio ambiente. Na empresa em estudo, a questão ambiental não é considerada um problema, pois todos os materiais e produtos que são descartados durante o processo de fabricação são reaproveitados como uma parcela de matéria-prima a ser utilizada. Entretanto, o problema é notável quando fatores como retrabalho, energia, mão-de-obra e tempo são considerados como perdas graves no processo. Para as empresas que não possuem o reaproveitamento do produto final, o estudo pode ajudar a minimizar os impactos ambientais ocasionados, servindo como exemplo para adoção de melhorias em seus processos.

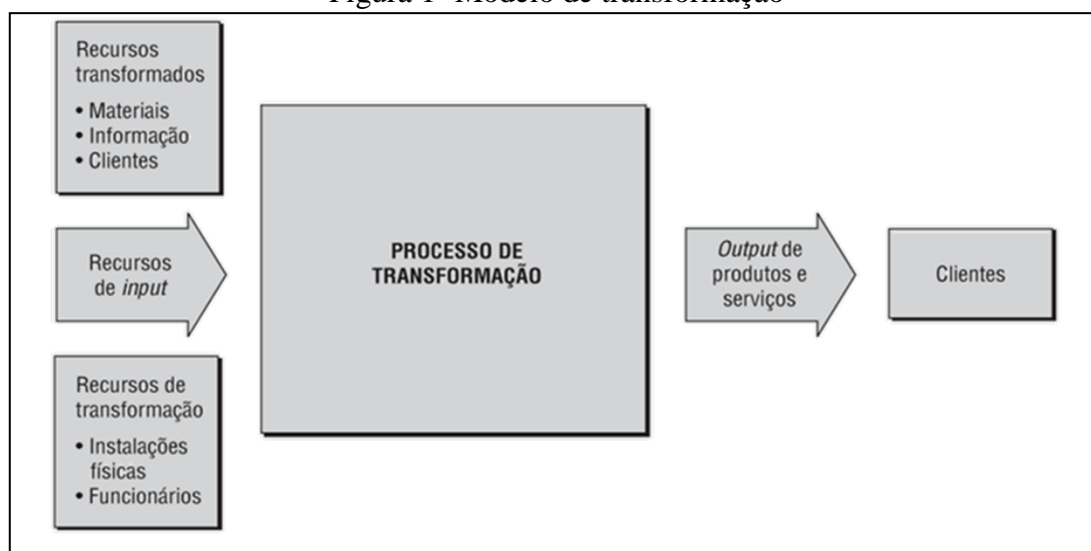
2 REFERENCIAL TEÓRICO

No decorrer deste capítulo, será apresentada a base conceitual utilizada que teve maior relevância para a realização desse trabalho. Dentre eles, encontram-se os temas relacionados com a produção e seus desperdícios, os conceitos de qualidade, a ênfase na melhoria contínua, a visão de controle estatístico da qualidade, a análise de variância e o aprofundamento na abordagem Seis Sigma e na metodologia DMAIC.

2.1 OS SISTEMAS PRODUTIVOS E SEUS DESPERDÍCIOS

Os processos produtivos como um todo, quando são considerados do ponto de vista operacional, envolvem recursos a serem transformados e recursos transformadores, que submetidos ao processo produtivo, dão origem ao produto final, ou seja, aos bens e serviços gerados pela organização. Segundo Slack et al (2016), todas as operações criam e entregam serviços e produtos pela transformação de *inputs* (entradas) em *outputs* (saídas), usando o processo de *input-transformação-output*. Esse esquema é representado no modelo de transformação demonstrado na Figura 1.

Figura 1- Modelo de transformação



Fonte: Slack et al. (2016)

Observando que os sistemas de produção poderiam adquirir avanços na transformação dos recursos de maneira rápida e precisa é que surgiu o conceito de produção enxuta, também conhecido como *Just-in-Time* (JIT). O sistema JIT tem como objetivo fundamental a melhoria contínua do processo, através do mecanismo de

redução dos estoques, que na sua grande maioria são os responsáveis por ocultar problemas (CORRÊA, GIANESE, 2013).

Corrêa e Gianese (2013) afirmam que os principais problemas de produção eram as justificativas para manutenção de estoques e tais problemas poderiam ser classificados em três grandes grupos, sendo eles: problemas de quebra de máquina, problemas de preparação de máquina e problemas de qualidade. Esse último, ainda segundo os autores, ocorre quando alguns estágios do processo de produção apresentam problemas de qualidade, gerando refugo de forma incerta. Assim, é possível perceber o quanto de perdas pode ocorrer durante um processo produtivo, o quanto elas não agregam nenhum tipo de valor ao processo e o real motivo pelo qual, muitas das vezes, as perdas são objetos de estudo para que possam ser eliminadas ou reduzidas dos sistemas.

De acordo com a filosofia enxuta, essas atividades que não agregam valor, geralmente ocorrem em processos inconsistentes (mura), que levam a exaustão de equipamentos e pessoas (muri) e que possuem diversos tipos de atividades que não agregam valor (muda) (SLACK et al, 2016). Os autores mencionados afirmam que esses desperdícios presentes nos sistemas foram identificados pelo Sistema Toyota e consequentemente divididos em sete tipos, norteando a filosofia de produção enxuta:

1. Superprodução. Produzir mais do que for imediatamente necessário para o processo seguinte da operação é a maior fonte de desperdício, conforme a Toyota.

2. Tempo de espera. A eficiência do equipamento e da mão de obra são duas medidas populares amplamente usadas para mensurar o tempo de espera de equipamento e de pessoas, respectivamente. Menos óbvio é o tempo de espera por itens, dissimulados pelos operadores, que são mantidos ocupados produzindo peças ou componentes desnecessários naquele momento.

3. Transporte. Movimentar itens em torno da operação, junto com a manipulação dupla e tripla de componentes, não agrega valor. Mudanças do arranjo físico que aproximam os processos e melhoram os métodos de transporte e a organização do local de trabalho podem reduzir o desperdício.

4. Processo. O próprio processo pode ser uma fonte de desperdício. Algumas operações podem somente existir devido ao mau projeto do componente ou da má manutenção e, assim, podem ser eliminadas.

5. Estoque. Qualquer estoque deve tornar-se alvo de eliminação. Entretanto, é apenas combatendo as causas do estoque que ele pode ser reduzido.

6. Movimentação. Um operador pode parecer ocupado, mas, às vezes, nenhum valor está sendo agregado ao trabalho. A simplificação do trabalho é uma fonte rica de redução do desperdício da movimentação.

7. Defeitos. Frequentemente, o desperdício de qualidade é muito significativo nas operações. O custo da qualidade total é muito maior do que tem sido tradicionalmente considerado e, assim, é mais importante atacar as causas de tais custos. Isso é discutido posteriormente (SLACK et al, p 455, 2016).

2.2 QUALIDADE TOTAL E MELHORIA CONTÍNUA

A definição da palavra qualidade pode ser considerada ampla e como muitas vezes é utilizada em ambientes e linguagens informais pode ter seu real conceito no meio produtivo confundido. De acordo com Juran e DeFeo (2015), quando aplicada ao contexto de negócios e clientes, uma das primeiras definições apresentadas à palavra foi de “apto a ser usado”. Já Deming, preferia defini-la como “conformidade com as exigências”. Robert Galvin usava Seis *Sigma* para distinguir o alto nível de qualidade relacionado aos defeitos.

Diante do grande número de abordagens para a palavra e das inúmeras opiniões a respeito do tema, o estudioso Juran na sua visão pessoal defendia duas definições para qualidade:

1. Qualidade são aquelas características dos produtos que atendem às necessidades dos clientes e, portanto, promovem a satisfação com o produto;
2. Qualidade consiste na ausência de deficiências (CORRÊA; CORRÊA, 2017, p 144).

A Figura 2 demonstra que Juran e DeFeo (2015) nas duas definições englobaram diversos raciocínios utilizados, justificando imparcialmente a motivação para ambas as definições.

Figura 2 - Significado de Qualidade

Características que atendem às necessidades dos clientes	Isenção de falhas
<p>Uma qualidade superior permite que as organizações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumentem a satisfação dos clientes ▪ Produzam produtos vendáveis ▪ Encarem a concorrência ▪ Aumentem sua fatia de mercado ▪ Gerem receitas de vendas ▪ Garantam ágio em seus preços ▪ Reduzam riscos 	<p>Uma qualidade superior permite que as organizações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Reduzam as taxas de erros ▪ Reduzam o retrabalho e o desperdício ▪ Reduzam falhas de campo e encargos com garantias ▪ Reduzam a insatisfação dos clientes ▪ Reduzam inspeções e testes ▪ Abreiem o tempo para colocar novos produtos no mercado ▪ Aumentem o rendimento e a capacidade ▪ Melhorem o desempenho nas entregas
O efeito principal recai na receita	O efeito principal recai nos custos
Maior qualidade custa mais	Maior qualidade custa menos

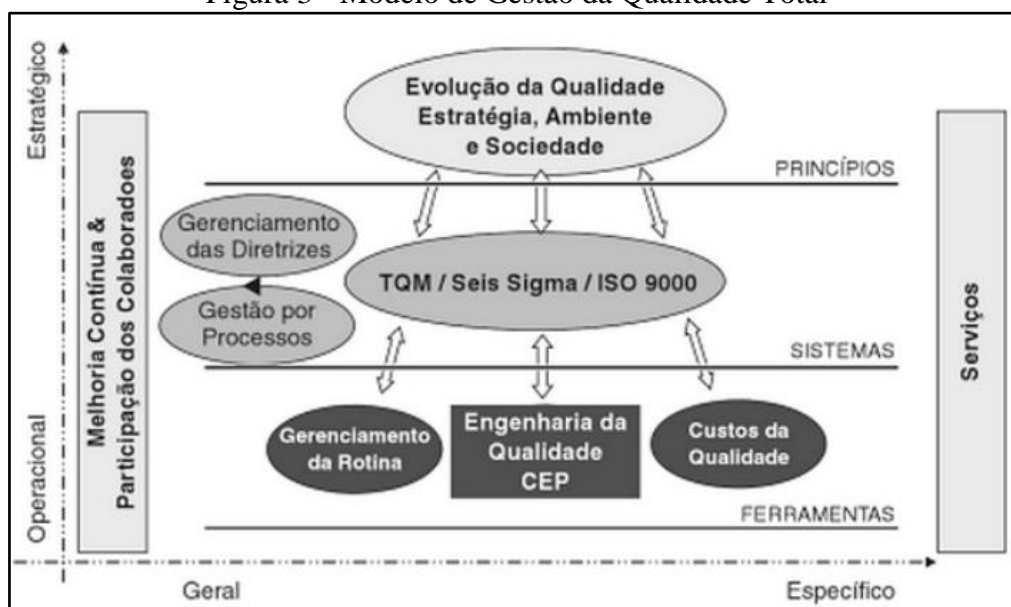
Fonte: Juran e DeFeo (2015)

Na produção enxuta, um dos conceitos de maior destaque é justamente o da qualidade. Esses conceitos possuem como principal atribuição à responsabilidade de

produzir produtos com qualidade durante todo processo produtivo e não apenas inspecioná-los após a sua produção. Dessa forma, é possível entender que a dimensão de qualidade não se restringe apenas aos produtos, mas sim a todas as etapas e setores da organização. Quando as empresas almejam atingir o estágio de qualidade total é preciso que ela possua qualidade nas suas transmissões de informação, na sua rotina, nos seus sistemas produtivos, nos seus produtos finais, nas suas capacitações e principalmente nos recursos humanos da qual ela depende. Desenvolver e disseminar a qualidade entre as pessoas e equipes que compõem a empresa é fundamental para que o conceito de qualidade total e consequentemente da melhoria contínua possam ser semeados.

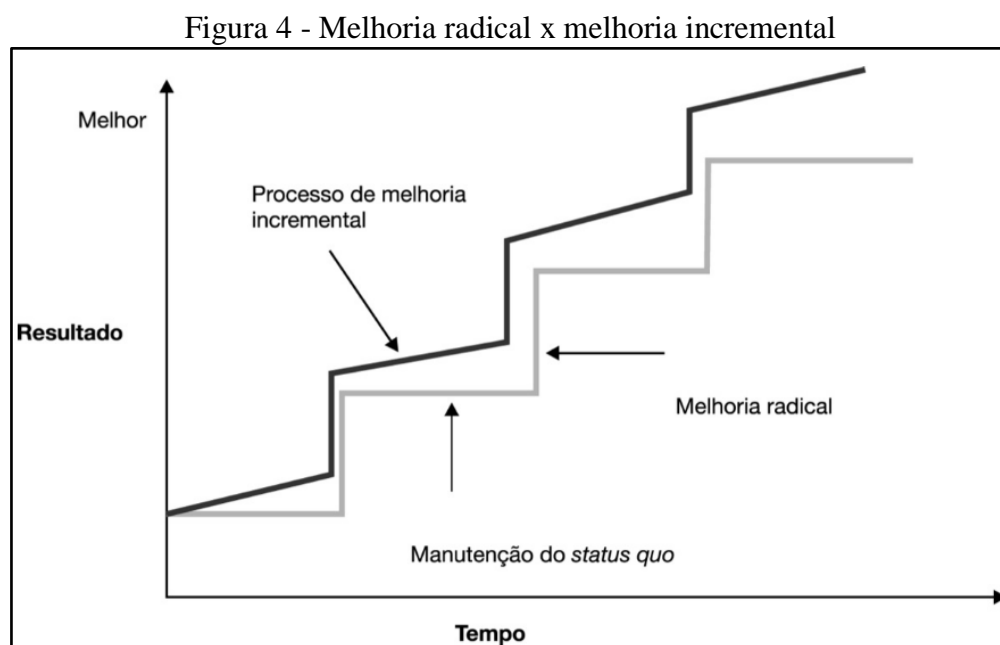
A ênfase da melhoria contínua na qualidade é evidenciada quando mencionamos a gestão da qualidade total (*Total Quality Management – TQM*). Ela é descrita através de diversos modelos, possuindo grande variedade na sua autoria, considerando modelos representativos diversos, como de autores americanos, europeus, japoneses e brasileiros. A Figura 3 demonstra o modelo brasileiro, desenvolvido por Carvalho e Paladini (2006 *apud* Batalha et al, 2008), que apesar de se diferenciar dos demais na estrutura, aborda o envolvimento de todos e a melhoria contínua, fatores comuns entre os modelos existentes. Essas duas principais características abrangem fatores dos níveis operacionais aos níveis estratégicos, em outras palavras, envolvem desde os colaboradores do chão de fábrica até a mais alta administração.

Figura 3 - Modelo de Gestão da Qualidade Total



Fonte: Carvalho e Paladini (2006) *apud* Batalha et al (2008)

O melhoramento contínuo também é conhecido por *Kaizen*, palavra de origem japonesa para melhoria contínua e mudança incremental (ORTIZ; 2010). Como o *Kaizen* não adota uma abordagem radical, ele prioriza passos incrementais mais frequentes e menores, considerando que o processo de melhoria é mais importante do que “o tamanho de cada passo e a magnitude da melhoria obtida a cada passo” (TOLEDO et al.; 2013). Essa diferença pode ser observada na ilustração da Figura 4.

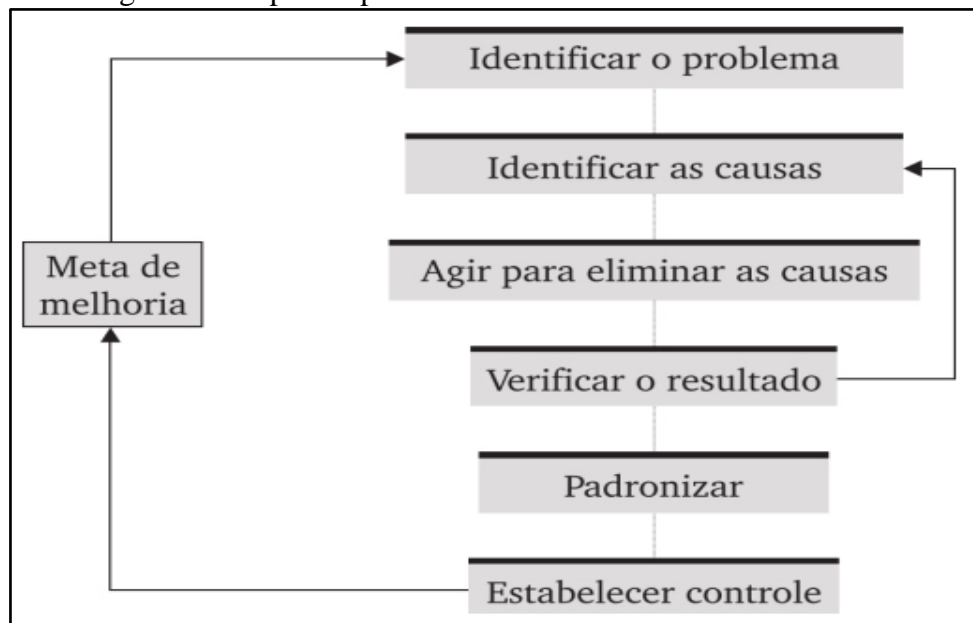


Fonte: Toledo et al. (2013)

A utilização de pequenos incrementos por repetidas vezes caracteriza o processo de melhoria contínua como sistemático. Mencionar que ele é um processo sistemático seria o mesmo que estabelecer uma sequência de etapas a serem seguidas, como é demonstrada na sequência de etapas abaixo e no esquema da Figura 5 definidos por Carpinetti (2016):

1. Identificação dos problemas prioritários;
2. Observação da coleta de dados;
3. Análise e busca de causas-raízes;
4. Planejamento e implementação das ações;
5. Verificação dos resultados;

Figura 5 - Etapas do processo sistemático de melhoria contínua



Fonte: Carpinetti (2016)

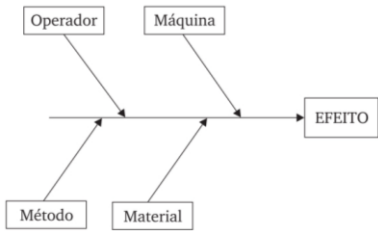
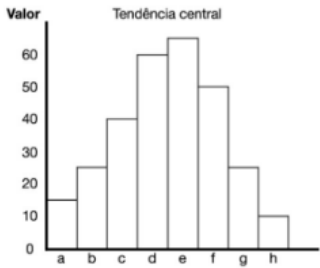
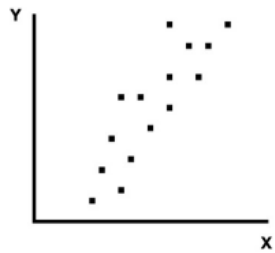
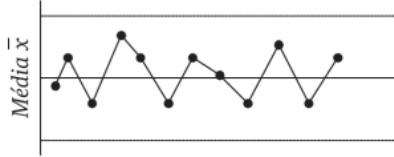
Para auxiliar no desenvolvimento e realização das etapas definidas foram criadas as sete ferramentas da qualidade, que compreendem:

1. Estratificação;
2. Folha de Verificação;
3. Gráfico de Pareto;
4. Diagrama de causa e efeito;
5. Histograma;
6. Diagrama de dispersão
7. Gráfico de controle

Conforme Toledo et al (2013) as sete ferramentas básicas da qualidade servem para organizar, interpretar e maximizar a eficiência no uso de dados, que são basicamente do tipo numérico, através do estabelecimento de procedimentos de coleta, apresentação e análise de dados relativos aos processos e produtos de uma organização. A Tabela 1 relaciona as definições e/ou funções de cada ferramenta, trazendo um exemplo de aplicação de cada uma delas.

Tabela 1- Ferramentas da qualidade: funções e exemplos

FERRAMENTA DA QUALIDADE	DEFINIÇÃO/ FUNÇÃO	EXEMPLO	FONTE												
ESTRATIFICAÇÃO	Consiste na divisão de um grupo em diversos subgrupos com base em características distintas.	<table><tr><th>OPERADOR</th><th>PEÇAS BOAS</th><th>PEÇAS RUINS</th></tr><tr><td>1</td><td>37</td><td>2</td></tr><tr><td>2</td><td>45</td><td>4</td></tr><tr><td>3</td><td>23</td><td>3</td></tr></table>	OPERADOR	PEÇAS BOAS	PEÇAS RUINS	1	37	2	2	45	4	3	23	3	Carpinetti (2016) e Autora (2018)
OPERADOR	PEÇAS BOAS	PEÇAS RUINS													
1	37	2													
2	45	4													
3	23	3													
FOLHA DE VERIFICAÇÃO	Desenvolve formulários impressos, ou digitais, utilizados para registrar e reunir dados de forma simples e que facilitam o seu posterior uso e análise.		Toledo et al (2013) e Carpinetti (2016)												
GRÁFICO DE PARETO	Estabelece que a maior parte das perdas decorrentes dos problemas relacionados à qualidade é advinda de alguns poucos problemas vitais.		Carpinetti (2016) e Toledo et al (2013)												

DIAGRAMA CAUSA E EFEITO	Representa as relações existentes entre um problema ou o efeito indesejável do resultado de um processo e todas as possíveis causas desse problema.	 <pre> graph LR Operador --> Efeito Máquina --> Efeito Método --> Efeito Material --> Efeito </pre>	Carpinetti (2016)
HISTOGRAMA	Possibilita a visualização da forma da distribuição de um conjunto de dados e também a percepção da localização do valor central e da dispersão dos dados em torno desse valor central.	 <p>Valor</p> <p>Tendência central</p> <p>60</p> <p>50</p> <p>40</p> <p>30</p> <p>20</p> <p>10</p> <p>0</p> <p>a b c d e f g h</p>	Carpinetti (2016) e Toledo et al (2013)
DIAGRAMA DE DISPERSÃO	Utilizado para a visualização do tipo de relacionamento existente entre duas variáveis.	 <p>y</p> <p>x</p>	Carpinetti (2016) e Toledo et al (2013)
GRÁFICO DE CONTROLE	Utilizado para garantir que o processo opere na sua melhor condição.	 <p>Média \bar{x}</p>	Carpinetti (2016)

Fonte: Autora (2018)

2.3 CONTROLE ESTATÍSTICO DE QUALIDADE

A origem do controle estatístico de qualidade ocorreu por volta de 1924, quando foram desenvolvidos e aplicados os primeiros gráficos de controle. Nessa época, o surgimento das primeiras considerações sobre as variações existentes e observadas nos processos foram importantes para o aprofundamento da temática (MONTGOMERY, 2016).

De acordo com Martins e Laugeni (2015), as causas dessas variações descobertas podem ser comuns ou especiais. As causas comuns são aleatórias e inevitáveis. As causas especiais podem ser eliminadas, pois são ocasionadas por motivos identificáveis. De tal forma, o Controle Estatístico de Processos (CEP) tem por objetivo o acompanhamento dos processos em virtude do comportamento das estatísticas de suas saídas, separando as causas comuns das especiais e tomando ações de correção quando uma causa especial é detectada (CORRÊA; CORRÊA, 2017).

2.3.1 Análise de Variância

Na engenharia é comum a utilização de testes para as análises de processos quando surgem problemas nas áreas de controle da qualidade. Em alguns casos, existem experimentos que possuem um fator que exigem que mais de dois níveis desse fator sejam considerados. Para que seja possível esse tipo de diagnóstico é que utilizamos a análise de variância (ANOVA). Ela é usada para a comparação de médias quando há mais de dois níveis influenciando em um único fator (MONTGOMERY, 2016). Para que seja possível a avaliação de igualdade entre níveis, temos que:

$$\sum_{i=1}^a \tau_i = 0$$

onde a representa o número de níveis do fator e τ_i o desvio das médias geral μ .

Montgomery (2016) declara que a análise de variância é uma técnica geral e útil, utilizada para testar a igualdade de médias populacionais. Para testar a igualdade das médias $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_a$ declaramos o seguinte teste de hipóteses:

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_a = 0$$

$$H_1: \tau_i \neq 0, \text{ para pelo menos um } i$$

Essas considerações permitem concluir que se a hipótese nula for verdadeira, alterações dos níveis do fator não tem nenhum efeito sobre a resposta média. Já, se a hipótese alternativa for verdadeira, alterações dos níveis do fator possuem efeito sobre a resposta média. É válido ressaltar que o teste de hipóteses mencionado se baseia na comparação de duas estimativas independentes da variância populacional.

Tradicionalmente os resultados dos testes de hipóteses retratam a aceitação ou rejeição da hipótese nula definida, de acordo com um valor de α ou nível de significância pré-determinado. Com o intuito de auxiliar a interpretação do teste, a abordagem do *P value* tem sido adotada, muitas vezes, em atividades práticas. De acordo com Montgomery (2016) o valor P é o menor nível de significância que levaria à rejeição da hipótese nula, ou seja, é a probabilidade estatística do teste assumir um valor pelo menos tão grande quanto o valor observado da estatística, quando a hipótese nula H_0 é verdadeira.

Valores mais precisos do *P value* podem ser obtidos com auxílio de programas de computador. Quando a análise de variância é realizada torna-se possível a detecção da existência ou não existência da diferença entre médias, entretanto, nesse tipo de método não é possível identificar quais médias são diferentes. Um dos programas mais utilizados para essas análises é o *minitab*. Ele é um programa de computador desenvolvido para fins estatísticos, possuindo requisitos que permitem inclusive a execução de análises estatísticas mais complexas. Na Figura 6, é possível visualizar um exemplo do resultado obtido no programa para a análise de variância.

Figura 6 - Resultado *minitab* para análise de variância

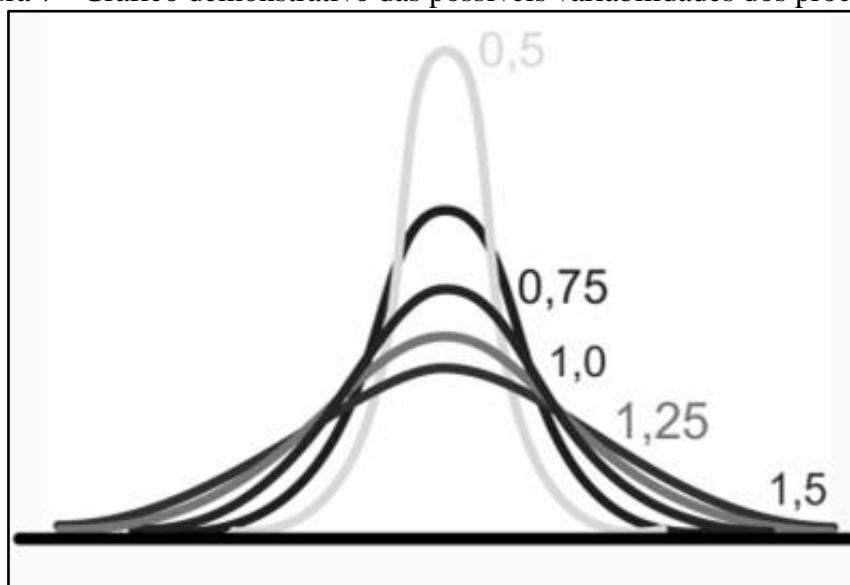
Análise da Variância de Um Fator					
Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	382.79	127.60	19.61	0.000
Error	20	130.17	6.51		
Total	23	512.96			
				Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev	
Level	N	Mean	StDev	—+——+——+——+	
5	6	10.000	2.828	(*—)	
10	6	15.667	2.805	(*—)	
15	6	17.000	1.789	(*—)	
20	6	21.167	2.639	(*—)	
Pooled StDev = 2.551				—+——+——+——+	
				10.0 15.0 20.0 25.0	

Fonte: Montgomery (2016)

2.4 SEIS SIGMA

Com um conceito bastante recente, a metodologia Seis Sigma pode ser evidenciada como uma estratégia gerencial, disciplinada e altamente quantitativa, utilizada no desenvolvimento da melhoria dos processos de uma empresa (WERKEMA, 2012). Um grande número de empresas investiu na adoção da metodologia com o intuito de colher os benefícios da sua aplicação, tais como qualidade do produto e confiabilidade de entrega (CARPINETTI, 2016). A metodologia se desenvolve e evolui a partir da descoberta da concentração de dados em torno de um ponto central, investigando a variabilidade dos dados através de técnicas estatísticas para obtenção da redução dos custos da não qualidade dos produtos. Ela propõe a diminuição da variação existente nos processos, mas considera que independente das medidas de controle utilizadas para manutenção da estabilidade, sempre haverá algum tipo ou fonte que cause variação. Na Figura 7, é possível notar que a metodologia Seis Sigma busca manter a variabilidade sempre nos pontos mais centrais e mais elevados, ou seja, retratando uma menor variação dos seus processos. Quanto mais largos e mais afastados do valor central os resultados estiverem distribuídos, ocorre um menor controle e maior variação do processo em análise.

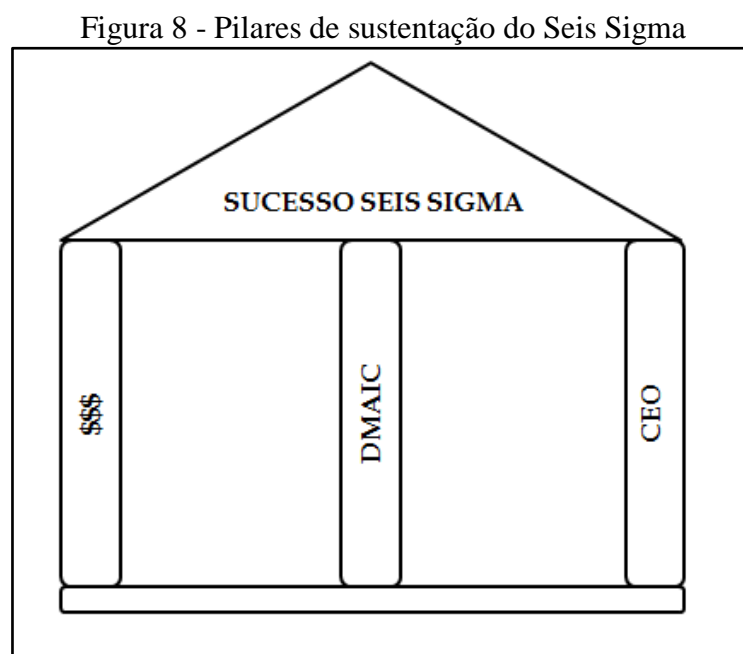
Figura 7 - Gráfico demonstrativo das possíveis variabilidades dos processos



Fonte: Adaptado Ebook Voitto (2018)

O real segredo do Seis Sigma se encontra na sua implementação. Para que os potenciais benefícios da metodologia não sejam afetados é necessário grande esforço e

comprometimento na sua aplicação. Seu sucesso é sustentado por três pilares: benefícios medidos através da lucratividade das empresas, metodologia DMAIC e envolvimento da alta administração da empresa (WERKEMA, 2012). A Figura 8 demonstra a relação dos pilares de sustentação com o sucesso do Seis Sigma.



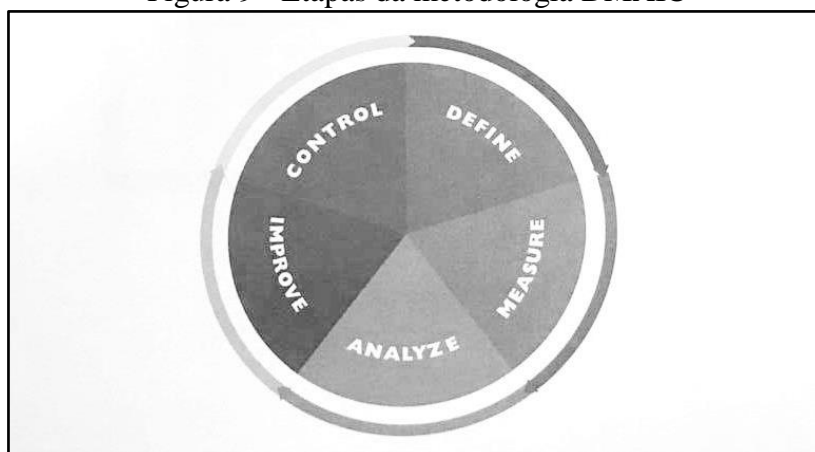
Fonte: Adaptado de Werkema (2012)

Um fator que não foi evidenciado nos pilares de sustentação, mas que também tem muita relevância na aplicação do Seis Sigma é a aquisição de dados confiáveis. Esses dados são diretamente responsáveis pelos resultados obtidos nas análises, já que a metodologia é altamente quantitativa. Como em diversas situações ocorre à utilização de técnicas estatísticas, os dados utilizados devem ser precisos para que as respostas em busca de melhorias sejam válidas e seguras.

2.4.1 Metodologia DMAIC

Definido por Werkema (2013) como método sistemático baseado em dados e no uso de ferramentas estatísticas para obtenção dos resultados estratégicos desejados pela empresa, o DMAIC possui aplicação dividida em cinco etapas demonstradas na Figura 9. Além disso, conta com a utilização de diversos tipos de ferramentas que auxiliam no desenvolvimento de suas etapas no decorrer de sua implantação.

Figura 9 - Etapas da metodologia DMAIC



Fonte: Werkema (2013)

As cinco etapas do DMAIC serão detalhadas no Quadro 1, em conjunto com uma breve descrição definida por Werkema (2013):

Quadro 1 - Descrição das etapas do DMAIC

DMAIC	ETAPAS	DESCRIÇÃO
D	<i>Define</i> (Definir)	Definir com precisão o escopo do projeto.
M	<i>Measure</i> (Medir)	Determinar a localização ou foco do problema.
A	<i>Analyze</i> (Analisar)	Determinar as causas de cada problema prioritário.
I	<i>Improve</i> (Melhorar)	Propor, avaliar e implementar soluções para cada problema prioritário.
C	<i>Control</i> (Controlar)	Garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo.

Fonte: Autora (2018)

O ciclo DMAIC sempre deve ser recommçado, identificando os pontos que interferiram no ciclo anterior, em busca de eliminá-los para obter melhores resultados. Slack et al (2016) afirmam que, apenas ao aceitar que a filosofia de melhoramento contínuo desse ciclo literalmente nunca para, é que o melhoramento torna-se parte do trabalho de todos. De acordo com Werkema (2013), o giro do método DMAIC proporciona a redução da variabilidade dos processos. O ciclo envolve a coleta, processamento e disposição dos dados, para que as causas fundamentais de variação possam ser identificadas, analisadas e bloqueadas (WERKEMA, 2013).

2.4.1.1 Primeira Etapa: Definir

Esta fase tem por objetivo definir claramente qual será o projeto. Para isso, é preciso inicialmente estabelecer o objeto de estudo, o problema e o efeito indesejável que se quer eliminar (CARPINETTI, 2016).

Segundo Carpinetti (2016), a decisão final sobre a definição do projeto deve levar em conta informações relevantes, como os potenciais benefícios que essa melhoria trará em termos de redução de desperdícios e de custos da não qualidade e a definição da abrangência do projeto, incluindo pessoas envolvidas, cronograma de atividades e recursos necessários.

Werkema (2013) ainda sugere que, para facilitar a conclusão da etapa, alguns questionamentos podem ser considerados:

- Qual é o problema – resultado indesejável ou oportunidade detectada – a ser abordado no projeto?
- Qual é a meta a ser atingida?
- Quais os clientes afetados pelo problema?
- Qual o processo relacionado ao problema?
- Qual é o impacto econômico do projeto?

Segundo a autora citada acima ferramentas que podem ajudar a fundamentar a decisão sobre a definição do problema são: mapa de raciocínio, *project charter*, gráfico sequencial, carta de controle, análise de séries temporais, análises econômicas, VOC (*Voice of the Customer*) e Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV). No trabalho foi utilizada a ferramenta *project charter* por entender o esquema e a estrutura que o define alinha e detalha o foco do DMAIC, durando sua aplicação.

2.4.1.2 Segunda Etapa: Medir

Nesta etapa, uma vez definido qual será o objeto de estudo, ou seja, o problema a ser atacado, o objetivo é coletar dados que possam auxiliar na investigação das características específicas do problema e que forneçam informações para o processo de análise das causas do problema em estudo (CARPINETTI, 2016).

O foco no problema faz com que dois questionamentos sejam respondidos. De acordo com Werkema (2013), as questões são:

- Que resultados devem ser medidos para obtenção de dados úteis à focalização do problema?
- Quais são os focos prioritários do problema? (Os focos são indicados pela análise dos dados gerados pela medição de resultados associados ao problema).

Conforme a autora citada anteriormente, o problema do projeto pode ser dividido em outros problemas de menor escopo ou mais específicos, de mais fácil solução. Algumas ferramentas que podem ajudar nessa etapa são: estratificação, plano para coleta de dados, folha de verificação, amostragem, Gráfico de Pareto, cartas de controle, histogramas, fluxograma, *BoxPlot* e análise multivariada. No trabalho ferramentas como estratificação para focar no problema, Gráfico de Pareto para evidenciar os principais pontos críticos e o fluxograma para ajudar na visão mais precisa dos processos.

2.4.1.3 Terceira Etapa: Analisar

Na etapa de análise, o objetivo é identificar as causas fundamentais do problema. Para isso, os dados coletados na fase anterior servirão de base para as análises e conclusões desta etapa; e novas coletas de dados podem ser necessárias (CARPINETTI, 2016). Werkema (2013) sugere que a seguinte pergunta deve ser respondida:

- Por que o problema prioritário existe?

Tal qual Carpinetti (2016) como ferramentas fundamentais nessa etapa é possível citar os diagramas de relacionamento de causa e efeito, as técnicas de planejamento e análise de experimentos, incluindo ferramentas estatísticas como testes de hipótese, análise de variância (ANOVA) e análise de regressão. O FMEA, método que busca evitar, por meio da análise das falhas potenciais e de propostas de ações de melhorias, que ocorram falhas nos produtos e nos processos de manufatura, também poderia ser usado como abordagem para identificar causas fundamentais, chance de ocorrência e meios de detecção do problema. Além dessas ferramentas, Werkema

(2013) também cita outras ferramentas como fluxograma, diagrama de dispersão e matriz de prioridades.

2.4.1.4 Quarta Etapa: Melhorar

Nesta etapa, depois de concluídas a análise e a proposição de melhoria, deve-se planejar e executar a ação de melhoria. Esta etapa ainda pode requerer experimentos para validar as melhorias propostas (CARPINETTI, 2016). De acordo com Werkema (2013) inicialmente devem ser geradas ideias de soluções que eliminem as causas fundamentais detectadas na etapa anterior. Ainda segundo Werkema (2013) ferramentas como *Brainstorming*, diagrama de causa e efeito, FMEA, 5W2H, diagrama de matriz, simulação, *Kanban*, *Kaizen*, *Poka-Yoke* e gestão visual podem ser utilizadas nessa etapa de melhoria.

Carpinetti (2016) alega que análises de capacidade de processo também podem ser necessárias para confirmar os resultados esperados. Caso o resultado dessa avaliação seja desfavorável, a equipe deverá retornar à etapa M do DMAIC para um maior aprofundamento da análise (WERKEMA, 2013).

2.4.1.5 Quinta Etapa: Controlar

Esta etapa tem por objetivo garantir que as melhorias obtidas não se percam. Para isso, deve-se rever os procedimentos, incluindo novos controles sobre o processo, como instruções de trabalho, registros e outros meios (CARPINETTI, 2016). Werkema (2013) afirma que nessa etapa, os resultados obtidos, após a implementação das soluções, devem ser monitorados para a confirmação do alcance do sucesso. Ela será confirmada com a comparação dos resultados colhidos com a meta estabelecida.

A adoção de gráficos de controle ou de tendência e dispositivos que sejam à prova de falhas seriam ferramentas úteis de auxílio nessa etapa. Além delas, Werkema (2013) sugere algumas outras ferramentas como histograma, reuniões, palestras, amostragem, procedimentos padrão, manuais e cartas de controle. Segundo a autora citada, para finalizar o ciclo deve ser realizada uma reflexão da forma de condução das etapas desenvolvidas, além de um levantamento dos pontos não esclarecidos na

implantação da metodologia. A definição de novos trabalhos deveria ser apontada, sabendo que a metodologia DMAIC possui característica cíclica de continuidade permanente.

3 METODOLOGIA

Nesse capítulo é detalhada a classificação da pesquisa e apresentados os procedimentos e técnicas desenvolvidos para alcançar os objetivos que foram determinados.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Como as pesquisas se referem aos mais diversos objetos e perseguem objetivos muito diferentes, é natural que se busque classificá-las (GIL, 2017). Em relação à finalidade, a presente pesquisa pode ser classificada como aplicada, visto que tem como objetivo a aplicação de conhecimentos adquiridos na solução de problemas. Quanto ao tipo, a pesquisa é classificada como descritiva, pois segundo Gil (2017) possui como finalidade identificar possíveis relações entre variáveis. Já em relação à natureza, conforme Appolinário (2012), trata-se de uma pesquisa quantitativa, já que segundo os pressupostos básicos desse tipo de pesquisa sua constituição é provida por fatos objetivamente mensuráveis e tem como propósito determinar as causas de tais fatos. Além disso, também é uma pesquisa qualitativa, visto que, com os resultados obtidos na pesquisa quantitativa, as soluções e melhorias propostas são avaliadas e sugeridas de maneira subjetiva.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE DE ESTUDO

A empresa na qual o trabalho foi desenvolvido está localizada na cidade de João Pessoa, Paraíba. Trata-se de uma indústria de médio porte, fundada em 2008, que possui cerca de 70 colaboradores e produz embalagens plásticas com linhas para tortas, doces, salgados e ovos. No desenvolvimento do trabalho foram consideradas cláusulas de total sigiloso, incluindo a não exposição do nome da empresa. Esta será tratada então, para devidos fins, como a Empresa J.

A Empresa J é responsável pela transformação da matéria-prima por meio do processo de extrusão, onde ocorre a produção das bobinas plásticas que alimentam as máquinas termoformadoras. Depois de produzidas, as bobinas são distribuídas nas máquinas termoformadoras e inicia-se o processo de fabricação de suas embalagens. O setor no qual a pesquisa se concentrou foi o setor produtivo, de maneira mais específica nos processos de termoformagem, abordando o descarte de produtos não conformes.

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

Os dados para as análises foram coletados durante um período de seis meses, de março a agosto, de 2018. Esses dados foram coletados das planilhas de desperdícios da empresa, onde são mensurados os percentuais de desperdícios diários de cada produto. Além da planilha de desperdício também foi consultada as planilhas de produção, durante o mesmo período, sendo possível detectar a produtividade de cada produto tanto por dia como por turno de produção. As planilhas são alimentadas com dados das folhas de verificações (Anexos 1 e 2) diárias da empresa, que armazenam dados de produção, desperdício e paradas de máquinas.

Além dos dados, as reuniões de produtividade realizadas diariamente também foram utilizadas como fonte de coleta. Nessas reuniões os motivos, justificativas e soluções para os índices de desperdício sempre eram a principal pauta para que as melhorias pudessem ser encontradas. Também foi realizada uma pesquisa com os funcionários de toda produção, considerando gerente, supervisores, líderes, operadores e auxiliares. Essa pesquisa (Apêndice B) abordou o questionamento único de qual o principal fator do desperdício dos produtos.

A sequência do trabalho seguiu a ordem de etapas da metodologia DMAIC. Em cada etapa do DMAIC foram alinhados os objetivos específicos e desenvolvidas as atividades para alcançar os objetivos de cada etapa da metodologia. É válido ressaltar que as duas últimas etapas do DMAIC, ou seja, as etapas de melhoria e controle não foram implantadas durante o trabalho, visto que essa etapa demandaria maior tempo do que o término do trabalho. Entretanto, propostas de melhoria e de controle foram desenvolvidas para essas etapas, baseados nas três etapas anteriores. Em resumo, o Quadro 2 ilustra as relações entre as etapas, os objetivos específicos e as atividades realizadas na pesquisa.

Quadro 2 - Relações entre as etapas, objetivos e atividades da pesquisa

Etapas	Objetivos Específicos	Atividade da Pesquisa	Resultado
Definir (<i>Define</i>)	-	Elaborar <i>Project Charter</i>	Quadro 3
Mensurar (<i>Measure</i>)	Mapear o processo de fabricação Identificar e analisar os pontos críticos do processo que geram maiores desperdícios	Fluxograma do processo produtivo	Figura 12
		Análise dos percentuais de desperdícios	Tabela 2 e Figura 13
		Gráfico de Pareto para desperdícios	Figura 14
		Determinar linha para ser investigada	Item 4.2.2.1 e item 4.2.2.2
Analisar (<i>Analyze</i>)	Utilizar o controle estatístico de qualidade para avaliar o desperdício dos pontos críticos identificados.	Utilização do <i>minitab statistical software</i>	Item 4.3.2
		Diagrama de Ishikawa	Item 4.3.3
Melhorar (<i>Improve</i>)	Propor soluções e melhorias para os pontos críticos do processo mais significativos	Análise de Falhas	Item 4.4.1
		FMEA de produto	Item 4.4.2
Controlar (<i>Control</i>)	-	Controle dos índices do FMEA (S,O,D) e do folha de verificação de análise de falhas	Item 4.5

Fonte: Autora (2018)

4 RESULTADOS

Os resultados serão demonstrados de acordo com as etapas do DMAIC e cada etapa será detalhada com as atividades realizadas para sua conclusão.

4.1 DEFINIR

Esta primeira etapa consiste na validação da importância do projeto, construção da equipe responsável pelo projeto, elaboração do *Project Charter* e identificação dos benefícios do projeto desenvolvido.

4.1.1 *Project Charter*

A visualização do macroambiente em que a problemática retratada está inserida permite perceber que se faz necessário a determinação sólida do problema, assim como seus principais objetivos e metas traçadas. Para isso, no Quadro 3, o *Project Charter* do estudo foi elaborado, deixando mais nítido os principais pontos abordados.

Quadro 3 - *Project Charter*

PROJECT CHARTER		
PROJETO	Redução no desperdício dos produtos finais de uma indústria de embalagens plásticas de alimentos.	
PROBLEMA	Percentuais de desperdício elevados no descarte de produtos acabados no fim do processo produtivo.	
META	Reduzir o percentual de desperdício para 3% em toda a cartela de produtos.	
RESULTADOS ESPERADOS	<ul style="list-style-type: none"> - Redução do número de produtos não conforme - Melhoria na qualidade final do produto - Ganho de produtividade - Flexibilidade dos processos. 	
FERRAMENTA PRINCIPAL	DMAIC	
FERRAMENTAS AUXILIARES	<ul style="list-style-type: none"> - Gráfico de Pareto - Folhas de Verificação - Diagrama de <i>Ishikawa</i> - <i>Software Minitab</i> 	
PERÍODO	<u>Início</u> Março 2018	<u>Fim</u> Agosto 2018

EQUIPE ENVOLVIDA	<ul style="list-style-type: none"> - Gerente de produção - Supervisores de produção - Operadores e auxiliares de produção - Docente da Universidade Federal da Paraíba - Graduanda da Universidade Federal da Paraíba
COLABORADORES	Indústria de embalagens plásticas para alimentos Universidade Federal da Paraíba
RESTRIÇÕES	
<ul style="list-style-type: none"> - Indisponibilidade dos valores de custo para avaliação de impactos financeiros. - Indisponibilidade de tempo para aplicação das duas últimas etapas do DMAIC. 	

Fonte: Autora (2018)

4.2 MENSURAR

Esta segunda etapa consiste na medição dos principais índices de desperdícios e identificação das causas prioritárias que causam o alto refugo dos produtos. Serão levantados o fluxograma do processo, os pontos críticos e gráficos para melhor visualização dos resultados.

4.2.1 Mapeamento dos Processos

A empresa é dividida em setores específicos e o setor que será objeto de estudo é o setor de produção. O setor de produção se divide em dois subsetores, sendo eles de extrusão e de termoformagem. No setor produtivo, as etapas ocorrem de forma sequenciada e para que o produto final seja fabricado é necessário que ele siga obrigatoriamente do setor de extrusão para o setor de termoformagem.

No setor de extrusão, o material é colocado na extrusora em forma de grânulos previamente secados, aquecido através de fricção e calor e deslocado ao longo de um cilindro. No cilindro, uma rosca age sobre este fluído e gera a pressão necessária para fazê-lo sair pelo bico de injeção, garantindo-lhe a forma desejada. Em seguida, ele é esfriado em cilindros refrigerantes e enrolado para formação das bobinas (MANUAL INNOVA, 2018). A Figura 10 ilustra o processo de extrusão das bobinas.

Figura 10 - Processo de extrusão das bobinas



Fonte: Empresa J (2018)

O processo que será avaliado encontra-se no subsetor de termoformagem. Tal processo ocorre em máquinas termoformadoras, equipadas com lâminas de corte que garantem forma ao contorno desejado, através da utilização de calor e pressão. As embalagens adquirem forma nas máquinas termoformadoras, alimentadas pelas bobinas que são produzidas na extrusora. Logo depois de formadas, as embalagens são embaladas e destinadas para a área de expedição para que possam ser transportadas para o estoque. O setor de termorformagem é retratado na Figura 11.

Figura 11 - Setor de Termoformagem



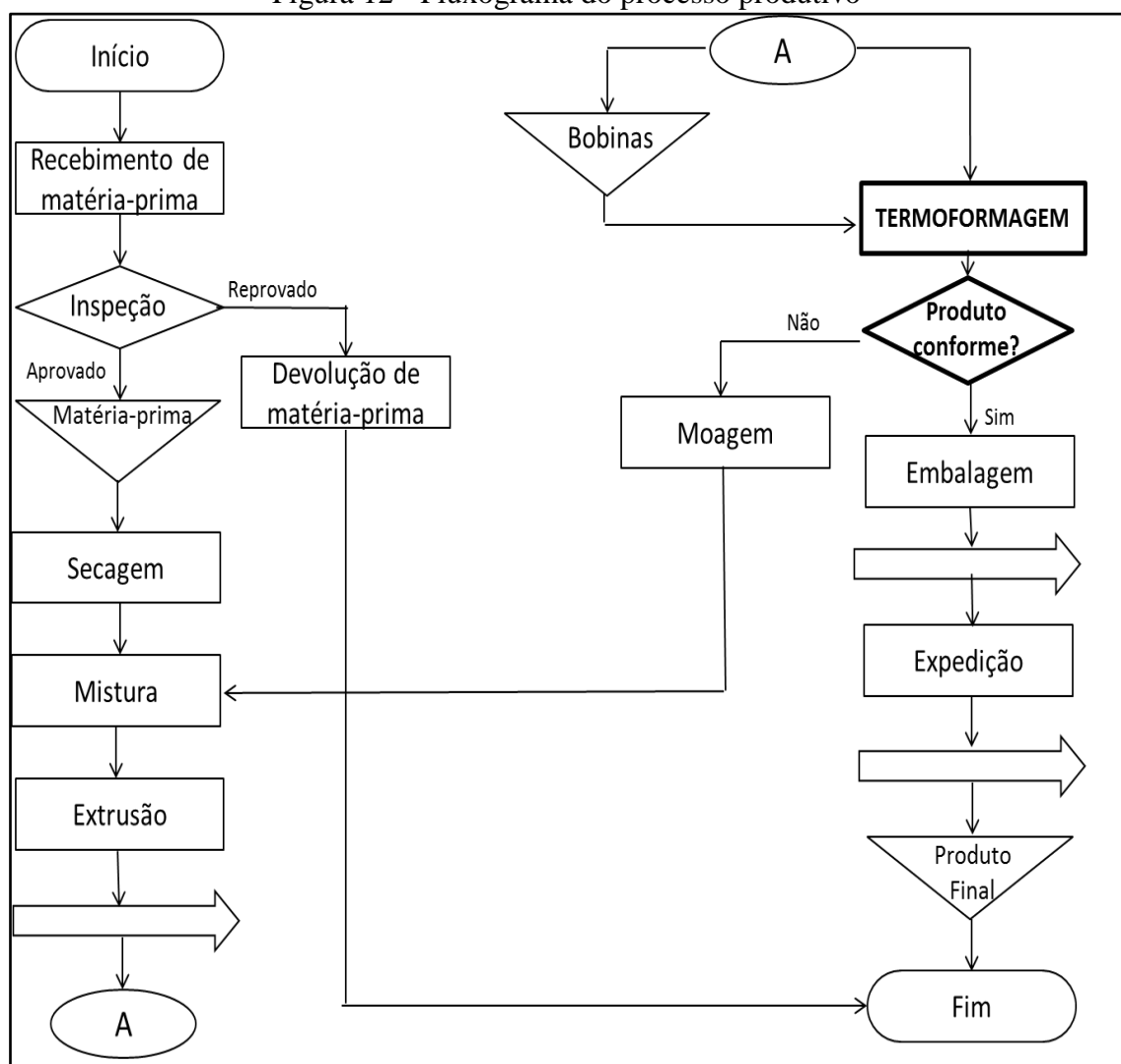
Fonte: Empresa J (2018)

A análise será realizada com os descartes de produtos não conforme. Ele foi identificado por ser uma atividade que está gerando altos desperdícios, repercutindo

negativamente nos custos da empresa e impactando diretamente nos índices de produtividade. O descarte é efetuado de maneira visual, quando o operador da máquina observa imperfeições na superfície ou forma do produto. O produto não conforme é descartado em sacolas específicas após finalização do turno de trabalho. Em seguida, as sacolas são destinadas para o setor de moagem, onde serão moídas para retornarem novamente como matéria-prima do processo.

Para auxiliar no melhor entendimento dos processos descritos e na melhoria dos pontos abordados nas análises, foi realizado um mapeamento dos processos da empresa, desde a chegada da matéria-prima até o estoque de produto final, de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 12:

Figura 12 - Fluxograma do processo produtivo



Fonte: Autora (2018)

No fluxograma apresentado na Figura 12, o processo de termoformagem e a análise da conformidade dos produtos foram destacadas, já que ambos serão os pontos chave das análises realizadas e englobam o descarte dos produtos não conforme.




4.2.2 Identificação de Pontos Críticos

A identificação dos pontos críticos levou em consideração duas linhas de investigação. A primeira aborda os produtos que apresentam maiores índices de desperdícios e a segunda considera as principais causas dos desperdícios. Isso se fez necessário em virtude da grande cartela de produtos que a empresa possui atualmente, atingindo um número de 45 produtos diferentes. Além desse fator, também foi necessário considerar as principais causas dos desperdícios, sabendo que o mesmo não é ocasionado por um único fator específico.

4.2.2.1 Produtos com Maiores Índices de Desperdício

Como a variedade de produtos que a empresa apresenta é consideravelmente grande, eles foram divididos por linhas de produtos, classificadas conforme Quadro 4.

Quadro 4 - Classificação das linhas de produtos

Linhas	Descrição	Ilustração
Linha de Granja	Composta por produtos que são destinados exclusivamente para ovos.	
Linha de Confeitaria	Composta por produtos que são destinados para confeitaria em geral, como: doces, salgados, amendoins e frutas. Composta apenas pelas tampas dos produtos de confeitaria que possuem dois componentes, sendo eles as embalagens para bolos e tortas, formados pela tampa e base branca.	
Linha de Bases	Composta exclusivamente pelas bases brancas dos produtos para bolos e tortas que são componentes da linha de confeitaria.	

Fonte: Autora (2018)

Depois da classificação foram levantadas as médias mensais de desperdícios dos grupos de produtos estabelecidos durante os respectivos meses de análises. Esses números serão demonstrados na Tabela 2.

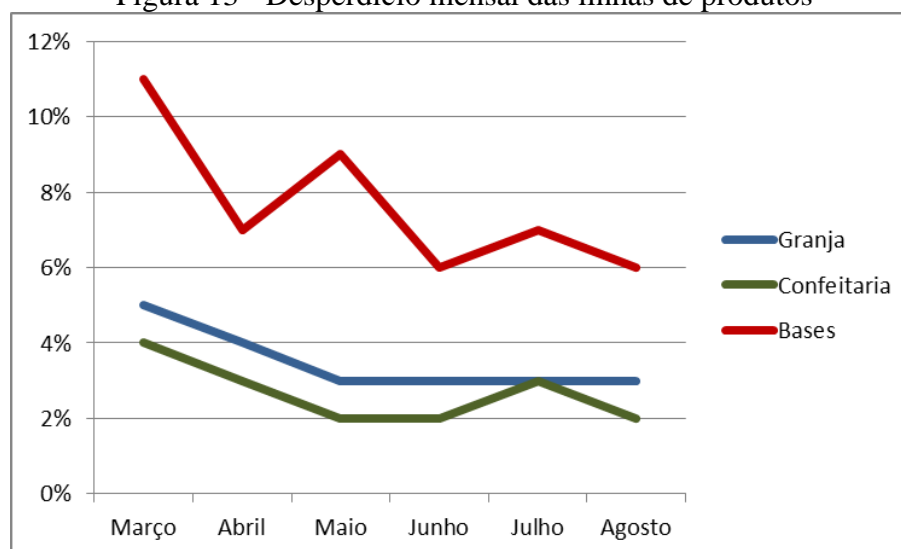
Tabela 2 - Desperdício mensal por linha de produtos em 2018

Linhas	Meses					
	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto
Granja	5%	4%	3%	3%	3%	3%
Confeitaria	4%	3%	2%	2%	3%	2%
Bases	11%	7%	9%	6%	7%	5%

Fonte: Autora (2018)

Com esses dados, foi elaborado um gráfico de linhas para os três grupos de produtos e ficou possível observar que a linha de bases é a que possui maiores índices de desperdícios, além de possuir também maior instabilidade ao longo dos meses, quando comparadas as outras duas linhas de produtos (Figura 13). Nos meses de março e maio ela obteve seus maiores índices de desperdício e nos meses de junho e agosto obteve o menor desperdício alcançado de 6%. Enquanto isso, as linhas de granja e confeitaria se mantiveram quase sempre com índices decrescentes ou constantes, atingindo índices de desperdícios bem inferiores aos índices da linha de bases.

Figura 13 - Desperdício mensal das linhas de produtos



Fonte: Autora (2018)

É importante destacar que além de ter sido a linha que apresentou maiores índices de desperdícios, a linha de bases também é a linha que possui maior custo unitário para empresa. Mesmo que passe pelos mesmos processos e que utilize a mesma matéria-prima que as outras linhas, elas se diferem quando ocorre a comparação dos

aditivos utilizados para produção. Na linha de bases, um tipo de pigmentação branca é utilizado para dar coloração ao produto e por se tratar de uma pigmentação específica para uso alimentício possui um maior valor de mercado.

4.2.2.2 Principais Causas dos Desperdícios

Para desvendar as principais causas dos desperdícios foi realizada uma pesquisa no setor de produção da empresa, questionando os dois principais motivos do desperdício de produtos na opinião dos colaboradores, considerando os fatores de frequência e gravidade dos mesmos. A pesquisa teve a participação do gerente, dos supervisores, dos operadores e de alguns auxiliares de produção. Ela contou com um total de 38 participantes, mas como cada colaborador respondia duas alternativas, o total de respostas obtidas no final foi de 76. No questionamento já ficou pré-determinado os principais motivos das causas dos desperdícios e só era permitido escolher dois dos seis motivos existentes (Apêndice B). Os motivos e as respostas serão demonstrados na Tabela 3, assim como suas frequências individuais e acumuladas que serão utilizadas para elaboração do Gráfico de Pareto.

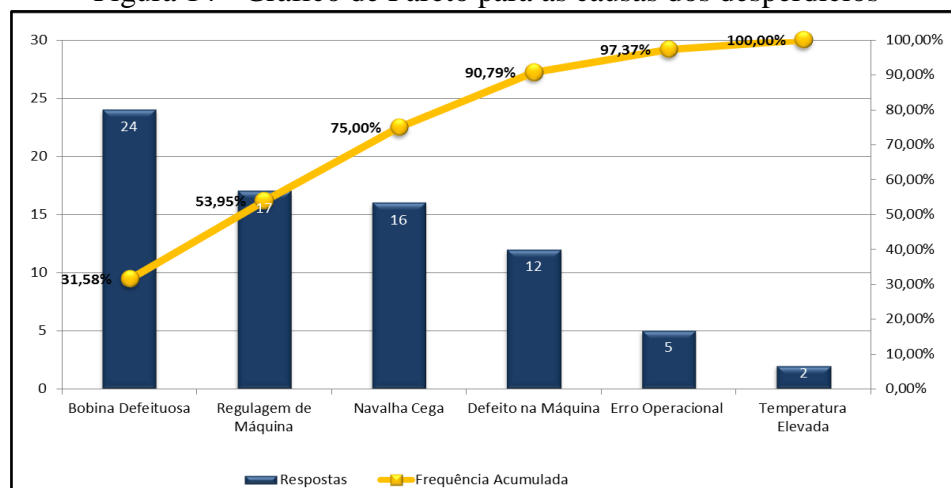
Tabela 3 - Frequências dos principais motivos de desperdícios

Motivo	Respostas	Frequência Individual	Frequência Acumulada
Bobina Defeituosa	24	31,58%	31,58%
Regulagem de Máquina	17	22,37%	53,95%
Navalha cega	16	21,05%	75,00%
Defeito na Máquina	12	15,79%	90,79%
Erro Operacional	5	6,58%	97,37%
Temperatura Elevada	2	2,63%	100,00%

Fonte: Autora (2018)

A partir dos dados demonstrados na Tabela 3, foi possível elaborar o Gráfico de Pareto para os principais motivos, conseguindo enxergar quais deles se mostraram mais críticos no processo (Figura 14).

Figura 14 - Gráfico de Pareto para as causas dos desperdícios



Fonte: Autora (2018)

Com o Gráfico de Pareto, foi possível observar que dos seis motivos, três tiveram maior destaque, chegando próximo aos 80% dos resultados que derivam de 20% dos esforços. Juntos os três motivos alcançaram 75% do total de respostas obtidas. Esses motivos foram: (1) Bobina Defeituosa; (2) Regulagem de Máquina; (3) Navalha Cega

Os resultados obtidos possibilita a determinação dos pontos críticos dos índices de desperdícios, concluindo que as três causas citadas acima são fatores relevantes para as perdas existentes. Para uma melhor avaliação do problema é necessário que sejam feitas algumas considerações. No fato de bobina defeituosa encontram-se motivações mais específicas como bobina furada e espessura da bobina. Ambas geram desperdícios, mas a bobina furada gera maior desperdício de tempo e não de produto final. Em relação à espessura da bobina, acaba gerando um maior desperdício de produto final, já que o produto acaba geralmente sendo formado com as dimensões bem mais finas do que as especificadas, detectadas inclusive sem a necessidade de aparelhos de medições, bastando apenas seu manuseio. Como a frequência de bobina furada é bem maior que a frequência de bobinas com espessuras fora do padrão, e isso pode ser observado nas folhas de verificação das paradas de máquinas (Anexo 2), o percentual de 31,58% pode ser considerado inferior, visto que a frequência em que ocorrem erros na espessura da bobina é bem menos significativa do que a bobina furada.

A segunda consideração ressalta que os motivos de regulagem de máquina e navalha cega, que foram respectivamente o segundo e o terceiro motivos com maior número de respostas, são centrados na máquina e juntos chegam a um percentual total

de 43,42%, percentual esse que é superior ao percentual de bobina defeituosa. Além disso, um terceiro item que teve uma frequência também representativa foi o de defeitos na máquina, outro motivo também centrado no maquinário. Assim, no decorrer do trabalho serão considerados como os principais pontos críticos das causas dos desperdícios os fatores de regulação de máquina e navalha cega, voltando às atenções para o maquinário, ou ainda, as máquinas termoformadoras.

4.3 ANALISAR

Nessa terceira etapa serão realizadas análises estatísticas das prioridades já mensuradas anteriormente. A utilização do *software minitab* ajudará nas avaliações, permitindo a identificação dos desperdícios que geram maior impacto.

4.3.1 Estratificação de Dados

A estratificação de dados foi necessária para melhor avaliação da linha de produtos determinada. Na medição dos dados, os pontos críticos se estabeleceram na linha de bases e são causadas pela regulação de máquina e navalha cega. A linha de bases foi escolhida para análise por apresentar os maiores índices de desperdícios, sendo composta por quatro diferentes produtos, que serão identificados por nomes fictícios, para preservar os dados da empresa. Os produtos serão classificados como 32 A, 50 B, 56 C e 60 D. Seus dados foram retirados das planilhas de produção e de desperdício, colhidos nas folhas de controle diário da empresa, conforme Anexo 1 e 2.

A linha de bases possui uma média de produção de 250 a 300 caixas por turno, levando em consideração a diferença de horas trabalhadas entre os dois turnos existentes. O turno do dia possui 48 minutos a mais do que o turno da noite, resultando em uma produção um pouco superior. Esse tipo de produto é produzido nas máquinas 08, 09, 10 e 11. Sua produção varia de acordo com a programação e disponibilidade das máquinas. Elas atendem uma previsão de demanda específica, já que a empresa possui diferentes demandas para seus produtos. Dentre elas, a previsão de maior demanda é a da Base 32 A, possuindo uma demanda cerca de 40% maior que as demais bases.

Nas tabelas 4,5,6 e 7 é possível enxergar os percentuais de desperdício de cada base, divididas por turnos e em quais máquinas ela foi produzida, considerando os meses que abordaram o estudo.

Tabela 4 - Desperdícios da 32A nas máquinas 08, 09 e 11

32 A					
Máq 8		Máq 9		Máq 11	
Dia	Noite	Dia	Noite	Dia	Noite
7%	1%	9%	23%	2%	3%
3%	9%	11%	7%	2%	2%
3%	13%	5%	19%	2%	1%
3%	5%	2%	9%	1%	0%
4%	5%			3%	2%
3%	4%			1%	3%
4%	4%			2%	4%
7%	5%			7%	1%
4%	7%			2%	1%
6%	8%			1%	5%
4%	5%			3%	-
3%	6%				
3%	8%				
4%	2%				
2%	14%				
3%	1%				
3%	8%				
5%	9%				
3%	2%				
2%	3%				
2%	0%				
3%	3%				
3%	3%				
3%	1%				
1%	1%				
2%	1%				
2%	0%				
7%	1%				
4%	1%				
4%	3%				
2%	2%				
3%	1%				
2%	2%				
1%	2%				
3%	2%				
1%	3%				
1%	2%				
1%	3%				
10%	3%				
2%	6%				
2%	5%				
2%	3%				
2%	5%				
2%	4%				
5%	5%				
2%	6%				
8%	4%				
4%	3%				
4%	10%				
3%	2%				
4%	1%				
3%	-				
3%	-				
2%	-				
1%	-				
3%	-				
2%	-				
9%	-				
3%	-				
1%	-				

Fonte: Autora (2018)

Tabela 5 - Desperdícios da 50B nas máquinas 09, 10 e 11

50 B					
Máq 9		Máq 10		Máq 11	
Dia	Noite	Dia	Noite	Dia	Noite
9%	6%	6%	9%	2%	0%
4%	4%	4%	21%	1%	3%
6%	6%	5%	16%	1%	0%
7%	-	5%	48%		
		8%	7%		
		7%	4%		
		4%	1%		
		1%	-		
		7%	-		
		1%	-		

Fonte: Autora (2018)

Tabela 6 - Desperdícios da 56C nas máquinas 09 e 11

56 C			
Máq 9		Máq 11	
Dia	Noite	Dia	Noite
8%	13%	12%	5%
16%	9%	2%	2%
14%	6%	2%	2%
2%	15%	8%	3%
3%	6%	2%	0%
1%	-	2%	1%
		2%	-

Fonte: Autora (2018)

Tabela 7 - Desperdícios da 60D nas máquinas 09 e 11

60 D			
Máq 9		Máq 11	
Dia	Noite	Dia	Noite
4%	2%	6%	9%
7%	4%	3%	7%
4%	5%	5%	3%
5%	-	6%	8%
		18%	7%
		11%	1%
		5%	2%
		3%	1%
		4%	1%
		2%	1%
		2%	0%
		10%	0%
		2%	-

Fonte: Autora (2018)

Os percentuais que não possuem desperdícios nas tabelas 4,5,6 e 7, todos nos períodos noturnos de produção, demonstram a inexistência de produção desse produto no turno, obtendo como consequência a ausência de desperdícios.

Nas tabelas também fica comprovada a maior produção da Base 32 A, em virtude de sua maior previsão de demanda. As outras bases possuem previsões bastantes similares, como pode ser visto na uniformidade maior de suas tabelas.

4.3.2 Análise dos Dados Estratificados (*Software Minitab*)

Para análise estatística dos dados, o estudo utilizou o *software minitab*. Após a compilação dos dados, uma análise na variância das amostras de cada produto foi realizada, levando em consideração dois fatores, máquina e turno.

A análise de variância (ANOVA) é utilizada quando é necessário realizar uma comparação mais complexa do que os testes de hipóteses. Nesse caso, ela é responsável por determinar a influência do turno e das máquinas nos índices de desperdício dos produtos. Assim, devemos considerar a hipótese nula e a hipótese alternativa como:

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0 = \text{Não há diferença significativa de variabilidade entre os turnos e/ou máquinas} \\ H_1 = \text{Há diferença significativa de variabilidade entre os turnos e/ou máquinas} \end{array} \right.$$

Além das hipóteses, a interpretação do *p-value* é fundamental para avaliação dos resultados, considerando um nível de significância α de 0,05, temos as seguintes situações:

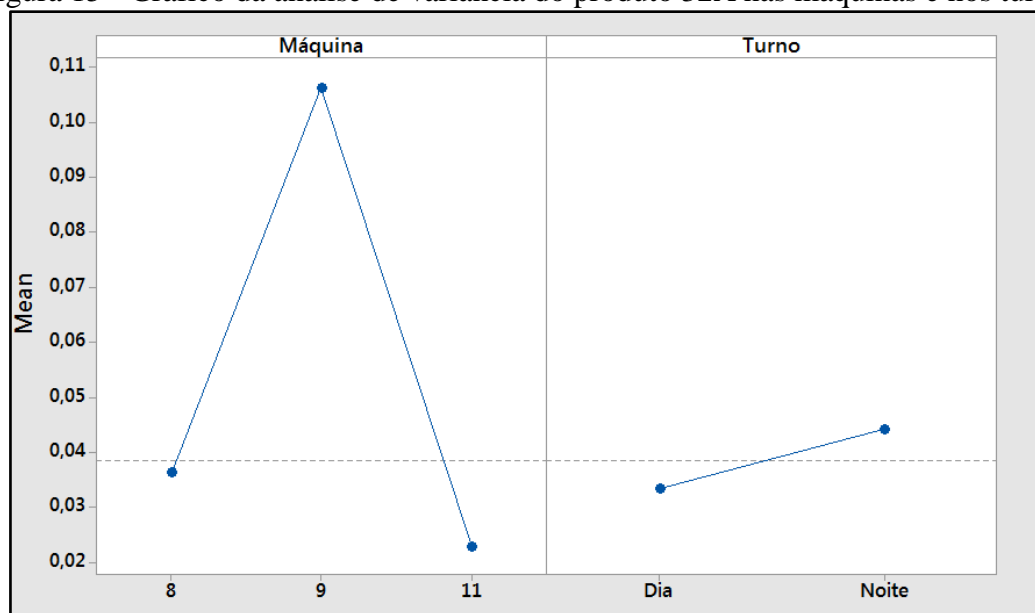
$$\left\{ \begin{array}{l} p - value > 0,05, \text{ não existe diferença entre as médias} \\ p - value < 0,05, \text{ existe diferença entre as médias} \end{array} \right.$$

4.3.2.1 Análise do Produto 32 A

O produto 32 A teve seus dados submetidos às análises e foi possível realizar a avaliação gráfica e do *p-value*. Na avaliação gráfica foi possível observar que a máquina 9 apresentou uma maior distorção quando comparada as outras duas máquinas. Com relação aos turnos, o gráfico apresentou variação pouco expressiva. Entretanto, na análise do *p-value*, destacada na Figura 16, ambos apresentaram valores menores do que

0,05, tornando possível perceber a existência de diferença significativa entre as máquinas e entre os turnos. Os resultados podem ser verificados nas Figuras 15 e 16, ambas expostas abaixo.

Figura 15 - Gráfico da análise de variância do produto 32A nas máquinas e nos turnos



Fonte: Autora (2018)

Figura 16 - Análise do *p-value* das máquinas e dos turnos

Factor Information			
Factor	Type	Levels	Values
Máquina	Fixed	3	8; 9; 11
Turno	Fixed	2	Dia; Noite

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Máquina	2	0,041965	0,020982	26,01	0,000
Turno	1	0,003633	0,003633	4,50	0,036

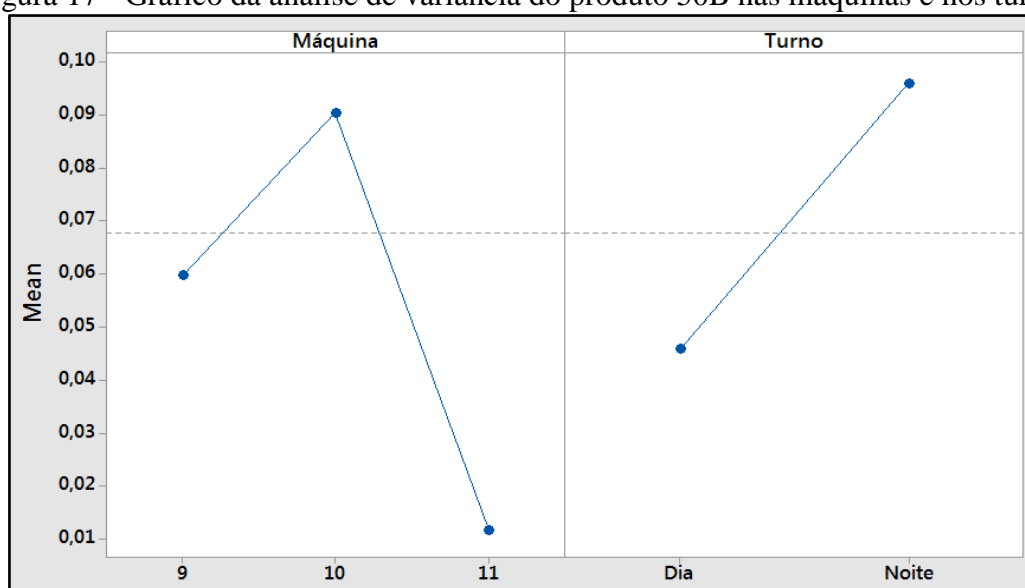
Fonte: Autora (2018)

4.3.2.2 Análise do Produto 50 B

Para o produto 50 B foi realizada a mesma análise, tanto para máquinas, quanto para turnos (Figura 17). Pela análise gráfica dos resultados, foi possível observar uma maior distorção quando o produto foi produzido na máquina 10. Já em relação à análise gráfica dos turnos, foi possível visualmente identificar uma variação mais acentuada no turno da noite.

As análises do *p-value*, não confirmam diferença entre as máquinas e os turnos para esse produto, pois os resultados apurados para ambos apresentaram valores de *p-value* superiores a 0,05 (Figura 18).

Figura 17 - Gráfico da análise de variância do produto 50B nas máquinas e nos turnos



Fonte: Autora (2018)

Figura 18 - Análise do *p-value* das máquinas e dos turnos do produto 50B

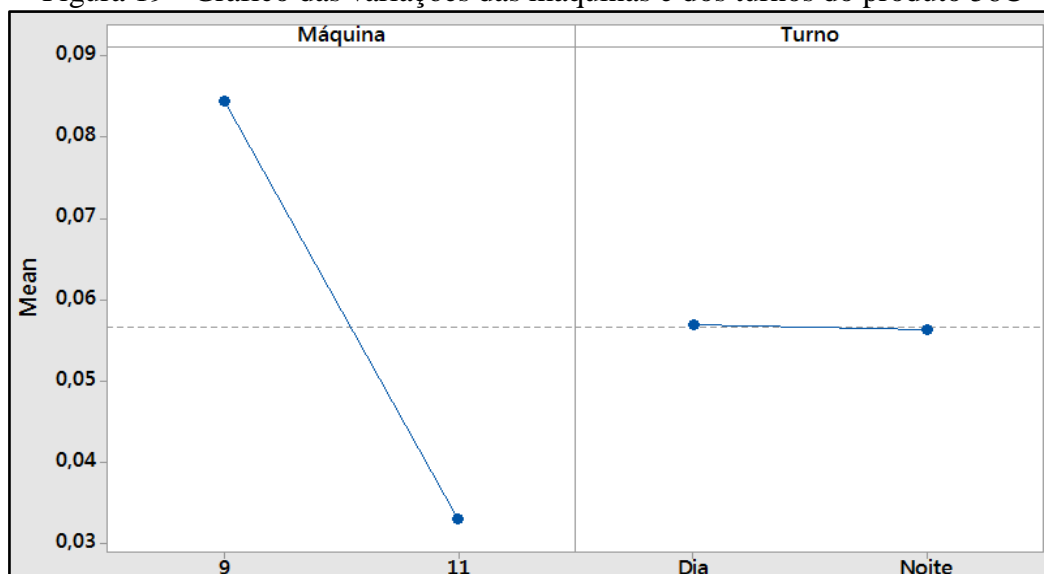
Factor Information						
Factor	Type	Levels	Values			
Máquina	Fixed	3	9; 10; 11			
Turno	Fixed	2	Dia; Noite			
Analysis of Variance						
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Máquina	2	0,03146	0,015730	2,22	0,129	
Turno	1	0,02192	0,021919	3,10	0,090	

Fonte: Autora (2018)

4.3.2.3 Análise do Produto 56 C

A análise do produto 56 C teve sua produção centrada em duas máquinas, considerando os dois turnos de trabalho. Na análise gráfica foi possível observar que a máquina 9 apresentou um desvio maior quando comparada a máquina 11 (Figura 19). Já em relação à comparação entre os turnos, foi possível identificar uma grande similaridade entre o turno diurno e noturno. Nas análises do *p-value*, foi possível considerar a inexistência da diferença entre os turnos, coincidindo com o que foi retratado no gráfico, já que o *p-value* apresentou valor superior a 0,05 (Figura 20). Em relação às máquinas, como o valor do *p-value* foi de 0,01, valor inferior a 0,05, foi possível concluir que existe diferença na produção das máquinas 9 e 11.

Figura 19 - Gráfico das variações das máquinas e dos turnos do produto 56C



Fonte: Autora (2018)

Figura 20 - Análise do *p-value* das máquinas e dos turnos do produto 56C

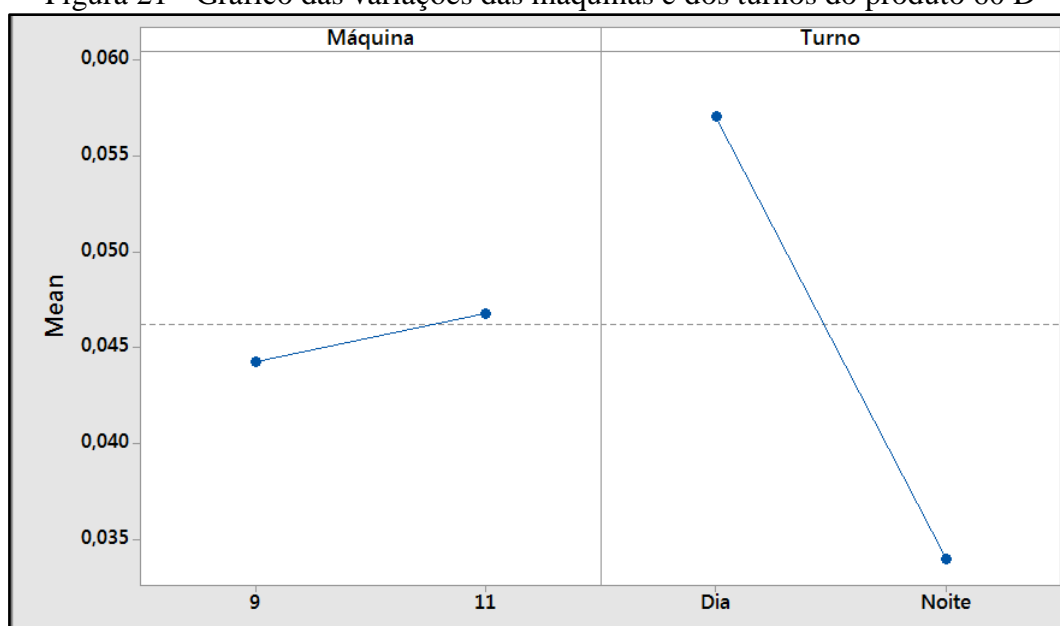
Factor Information						
Factor	Type	Levels	Values			
Máquina	Fixed	2	9; 11			
Turno	Fixed	2	Dia; Noite			
Analysis of Variance						
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Máquina	1	0,015782	0,015782	7,90	0,010	
Turno	1	0,000000	0,000000	0,00	0,991	

Fonte: Autora (2018)

4.3.2.4 Análise do Produto 60 D

A análise do produto 60 D seguiu a mesma linha de raciocínio dos outros produtos e nas análises dos gráficos é possível notar pouca variação entre as máquinas em que ele foi produzido e diferença acentuada entre os turnos de produção (Figura 21). O *p-value* das máquinas confirma a análise gráfica (Figura 22), com valor de *p-value* de 0,816, ou seja, inexistência da diferença entre as máquinas, já que ele é superior a 0,05. Já em relação aos turnos, a análise também apresentou um valor *p* superior a 0,05, confirmando que não existe diferença entre eles.

Figura 21 - Gráfico das variações das máquinas e dos turnos do produto 60 D



Fonte: Autora (2018)

Figura 22 - Análise do *p-value* das máquinas e dos turnos do produto 60 D

Factor Information					
Factor	Type	Levels	Values		
Máquina	Fixed	2	9; 11		
Turno	Fixed	2	Dia; Noite		
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Máquina	1	0,000075	0,000075	0,05	0,816
Turno	1	0,004277	0,004277	3,13	0,087

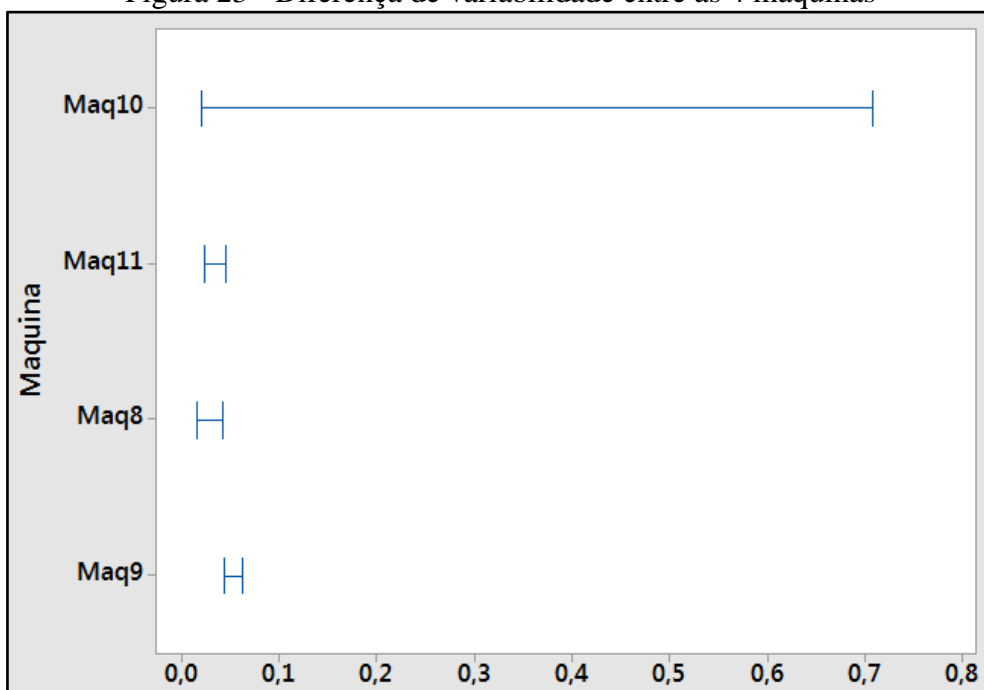
Fonte: Autora (2018)

4.3.3 Análise Conjunta dos Dados (*Software Minitab*)

A proposta para unir os dados de desperdícios das quatro bases envolvidas (32 A, 50 B, 56 C e 60 D) surgiu devido à necessidade para determinar qual seria o problema de maior gravidade considerando todas as variações. Para isso, com a disposição de todos os dados juntos e novamente com a utilização do *minitab*, foi possível obter uma análise com dimensão e abrangência total. De início, a avaliação das máquinas e dos turnos de maneira isolada foi considerada, contando com a participação completa dos dados de todos os produtos da linha de bases.

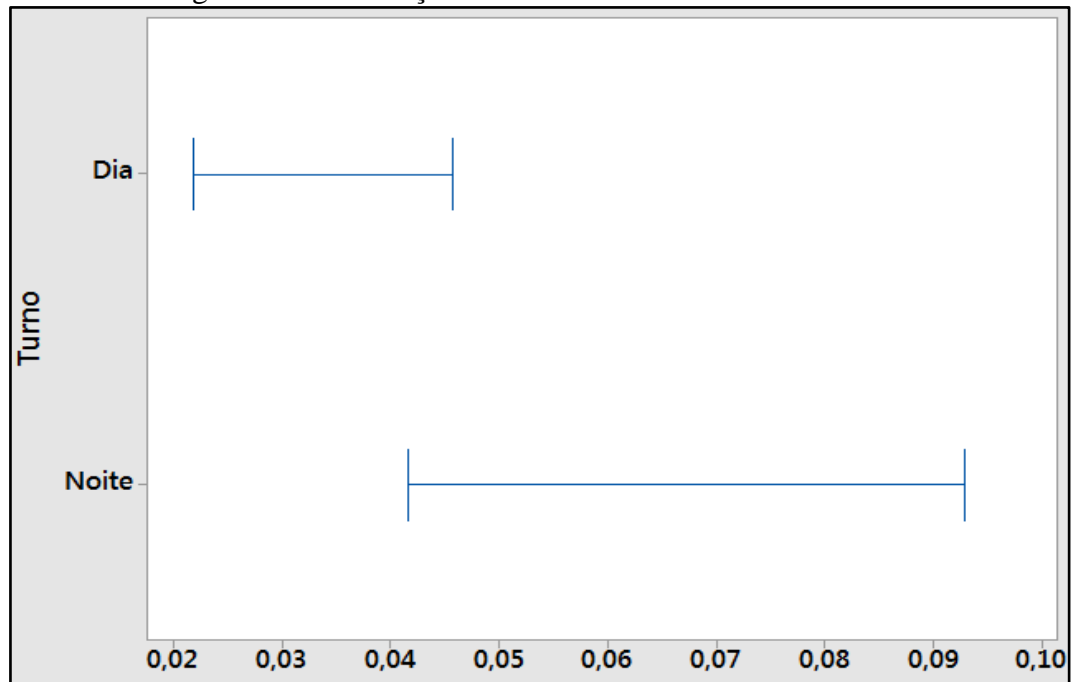
Nas máquinas, foi possível avaliar que a máquina 10, entre todas as outras máquinas foi a que apresentou uma maior variação (Figura 23). Nos turnos, ambos tiveram oscilações, mas no turno da noite essas alterações demonstram valores praticamente triplicados quando comparado com o turno do dia (Figura 24).

Figura 23 - Diferença de variabilidade entre as 4 máquinas



Fonte: Autora (2018)

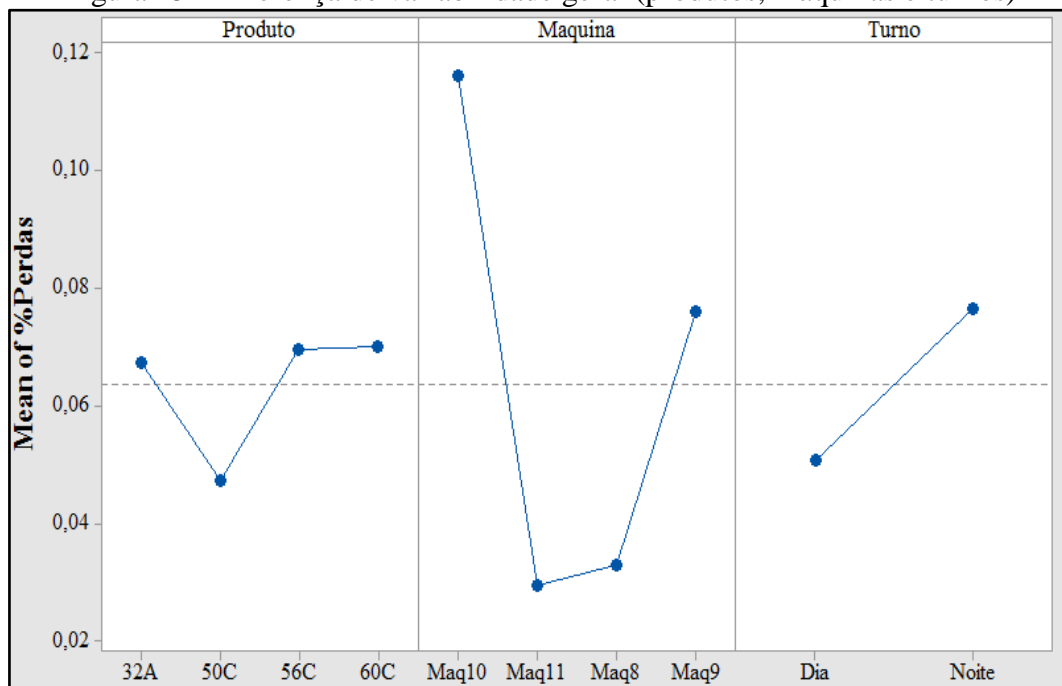
Figura 24 - Diferença de variabilidade entre os dois turnos



Fonte: Autora (2018)

Para finalizar as análises gerais, as Figuras 25 e 26 ilustradas abaixo, retratam a relação das perdas com os produtos, as máquinas e os turnos. Com elas é possível observar que existe diferença entre os produtos, as máquinas e os turnos.

Figura 25 - Diferença de variabilidade geral (produtos, máquinas e turnos)



Fonte: Autora (2018)

Figura 26 - Análise p-value variabilidade geral (produtos, máquinas e turnos)

Factor Information			
Factor	Type	Levels	Values
Produto	Fixed	4	32A; 50C; 56C; 60C
Maquina	Fixed	4	Maq10; Maq11; Maq8; Maq9
Turno	Fixed	2	Dia; Noite

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Produto	3	0.005260	0.001753	1.02	0.386
Maquina	3	0.073578	0.024526	14.23	0.000
Turno	1	0.017694	0.017694	10.27	0.002

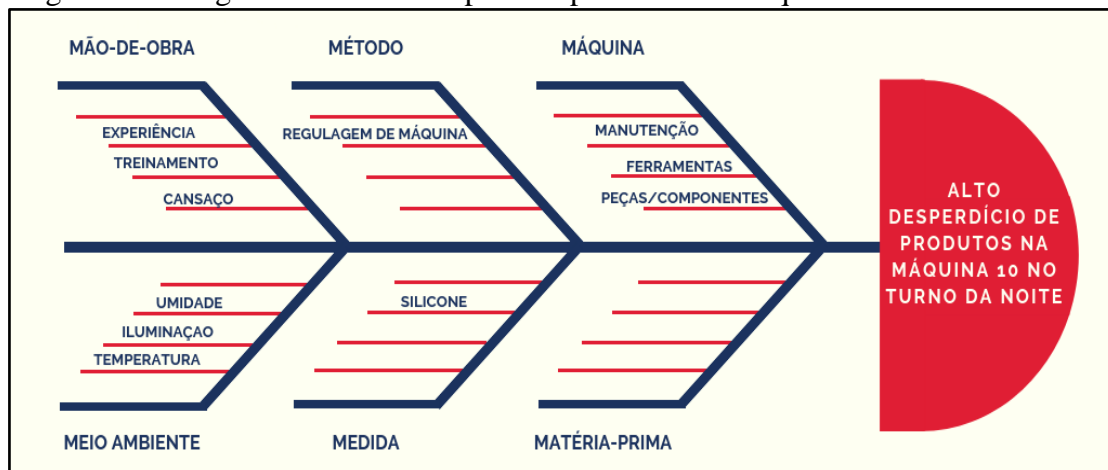
Fonte: Autora (2018)

Nas análises, considerando os valores do p-value, ficaram evidentes que existe variação entre as máquinas e turnos, pois ambos os valores de p foram inferiores a 0,05. A diferença é inexistente apenas entre os produtos. É possível identificar que o maior problema encontra-se na máquina 10 e no turno da noite. Dessa forma, a próxima etapa da metodologia irá se concentrar nesses pontos críticos, utilizando-os como base amostral para encontrar soluções e melhorias para os índices de perdas de embalagens de todos os produtos.

4.3.4 Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa entra como uma importante ferramenta nas análises. Com ele é possível identificar as principais causas dos problemas já identificados, fazendo com que as soluções possam ser rapidamente atingidas ou estejam mais próximas do desfecho ideal. Assim, o diagrama da Figura 27 procura investigar a identificação das principais causas e motivações para o desperdício acentuado na máquina 10, no período da noite.

Figura 27 - Diagrama de Ishikawa para desperdícios na máquina 10 no turno da noite



Fonte: Autora (2018)

No diagrama, a matéria-prima não obteve causas, mas isso só ocorreu devido às considerações realizadas. A primeira se justifica pela suposição do que poderia acontecer no turno da noite que não ocorre no dia, já que a variabilidade ocorreu na jornada noturna de trabalho. Quando relacionada à máquina, foi levada em consideração principalmente a questão da ausência da equipe de manutenção no período da noite e talvez, por isso, a indisponibilidade de ferramentas. As peças e componentes de reposição no período da noite podem ser localizadas e acessadas, mas dependendo do serviço a ser realizado, quanto mais específico ele for, menores são as chances do problema ser solucionado no turno da noite. A quantidade de silicone, item mencionado na medida, pode ser uma causa que justifique o desperdício quando considerado a quantidade que ela é utilizada. Como o silicone é utilizado para facilitar a extração, variação da quantidade utilizada pode influenciar no desperdício. A iluminação, umidade e temperatura do ambiente pela noite também varia quando comparado com o turno do dia. Um dos motivos pode também ser relacionado ao fator humano, mesmo que a maioria já possua anos de serviço nesse período, por motivos pessoais, físicos ou profissionais eles podem afetar o desempenho. Por fim, o treinamento mencionado traduz a exigência da parte de conhecimento geral e da resolução de problemas, já que as trocas, as manutenções, os ajustes, as regulagens e qualquer tipo de reparo são realizados no período do dia.

4.4 MELHORAR

Nessa etapa, serão sugeridas soluções e alternativas de melhorias para o problema mais específico já determinado, ou seja, o alto índice de perdas na máquina 10 no turno da noite. Para isso, serão utilizadas ferramentas como Análise de Falhas e FMEA.

4.4.1 Análise de Falhas

A especificação da falha impulsionou uma análise investigativa mais detalhada para apurar os possíveis e prováveis problemas presentes na máquina 10 e no turno da noite. A análise de falhas entra como uma alternativa para identificar os potenciais problemas não só dessa máquina, mas em todas as outras máquinas que possam apresentar esses mesmos indicativos em futuras análises. Dessa forma, foi elaborada uma folha de verificação para análise de falhas, que vai ser inicialmente utilizada para ações corretivas de falhas, ou seja, que já ocorreram, conforme Apêndice A.

A folha de verificação possui uma linguagem simples e direta. Ela deve ser preenchida nas reuniões de produtividade com a participação de vários colaboradores das diversas áreas da produção, visando a interação de conhecimentos, similar a realização de um *Brainstorming*, visto que a falha pode englobar variados fatores. Ela está exemplificada no Apêndice A com um modelo preenchido para que sua compreensão possa ser melhor captada. Ela atuaria como uma etapa antecessora a Análise do Modo e Efeito das Falhas, selecionando os produtos que possuíssem maiores folhas de controles em determinados períodos de tempo. Esses itens selecionados seriam aplicados em um FMEA de produto, para que as causas pudessem ser investigadas e as devidas ações tomadas.

4.4.2 Análise do Modo e Efeito das Falhas (FMEA)

A análise FMEA propõe ao processo a prevenção da ocorrência de falhas. Nesse caso analisado, o FMEA utilizado seria de produto, responsável por presumir as possíveis falhas que podem existir no produto, ou seja, as distorções percebidas das especificações determinadas. Para a empresa, ele seria de grande valia, pois como

possui papel de tentar prever as falhas do produto, a redução das falhas teria impacto diretamente proporcional à redução dos índices de desperdício.

Para sua aplicação seria necessário o levantamento de alguns pontos e elementos-chaves. Um levantamento do histórico de dados, uma investigação mais profunda dos acontecimentos de falhas, uma observação ou monitoramento da ocorrência da falha, um melhor entendimento dos porquês das causas e quais as suas frequências e impactos. Todas essas análises se mostram extremamente importantes para que se possa ter a garantia da qualidade das análises em um processo de busca permanente por melhoria contínua.

É possível então observar a relação do modelo de folha de verificação da análise de falhas com a aplicação do FMEA. Eles são complementares e devem ser trabalhados de maneira conjunta. Isso deve ocorrer, pois a análise de falhas faz com que o controle da falha seja conhecido e dessa forma possa ser resolvido. Nesse ponto de resolução é que entra a colaboração do FMEA. Ele seria o responsável pela melhor explanação e entendimento das falhas e por sua melhoria, levando em consideração recomendações ou ações já relatadas no controle de falhas. Para aplicação do FMEA, são levados em consideração os índices de severidade, ocorrência e detecção. Nesse caso, eles foram considerados de acordo com a Tabela 8 e o Quadro 5, demonstrados abaixo.

Tabela 8 - Índices FMEA

ÍNDICES FMEA					
SEVERIDADE		OCORRÊNCIA		DETECÇÃO	
1	Mínima	1	Remota	1-2	Muito grande
2-3	Pequena	2-3	Pequena	3-4	Grande
4-6	Moderada	4-6	Moderada	5-6	Moderada
7-8	Alta	7-8	Alta	7-8	Pequena
9-10	Muito Alta	9-10	Muito Alta	9-10	Muito pequena

Fonte: Adaptado de Toledo et al (2013)

Quadro 5 - Critérios para escolha dos índices FMEA

CRITÉRIOS		
SEVERID ADE	1	O cliente mal percebe que a falha ocorreu
	2-3	Deterioração no desempenho com leve descontentamento do cliente
	4-6	Deterioração significativa no desempenho com descontentamento do cliente

	7-8	Sistema deixa de funcionar e gera grande descontentamento do cliente
	9-10	Sistema pode afetar a segurança do cliente e gera grande descontentamento
DETECÇÃO	1-2	Será detectado
	3-4	Grande probabilidade de ser detectado
	5-6	Provavelmente será detectado
	7-8	Provavelmente não será detectado
	9-10	Não será detectado

Fonte: Adaptado de Toledo et al (2013)

Com os índices, um valor para o NPR (Número de Prioridade de Risco) pode ser determinado para essa análise específica. Como ele é o resultado da multiplicação dos índices de Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção foi elaborada uma sugestão de NPR padrão que estabeleceria o nível de alerta. Em relação à severidade, o índice com valor equivalente a 3, quando ocorre deterioração no desempenho com leve descontentamento do cliente, seria o índice padrão considerado. Quando abordamos o índice de ocorrência, o índice padrão considerado deve ser de 4, ou seja, ocorrência moderada. Já quando relacionado à detecção, o índice de 5 deve ser considerando, justificando uma provável detecção. Dessa forma, realizando a multiplicação direta dos fatores considerados é possível obter um valor de NPR padrão de 60. Para esse caso específico, esse valor representaria um valor padrão de alerta, ou seja, para valores de NPR maiores que 60 é necessário um maior aprofundamento da análise FMEA, sabendo que a situação não está condizente com as configurações desejadas. No exemplo da Figura 28, com um esboço da aplicação do FMEA na empresa foi possível perceber que os três efeitos potenciais de falha apresentaram NPR acima de 60. Isso significa dizer que todos teriam que ser examinados detalhadamente. Entretanto, se essas verificações detalhadas não pudessem ocorrer de maneira simultânea, devem ser priorizados os NPR de maior valor. No exemplo da Figura 28 dois NPRs possuíam valores bem semelhantes (circulados em vermelho), caracterizando-os assim como prioridades.

O FMEA, portanto, é uma proposta que envolve uma boa parcela e diferentes colaboradores, para que os resultados possam ser obtidos de maneira mais simples e rápida. Além disso, o envolvimento de todos é mais um dos pilares da melhoria contínua e aliado ao retorno financeiro que a empresa pode obter ao reduzir ou eliminar as falhas, se unem como fortes justificativas para sua implantação.

Figura 28 - Exemplo da aplicação do FMEA de produto

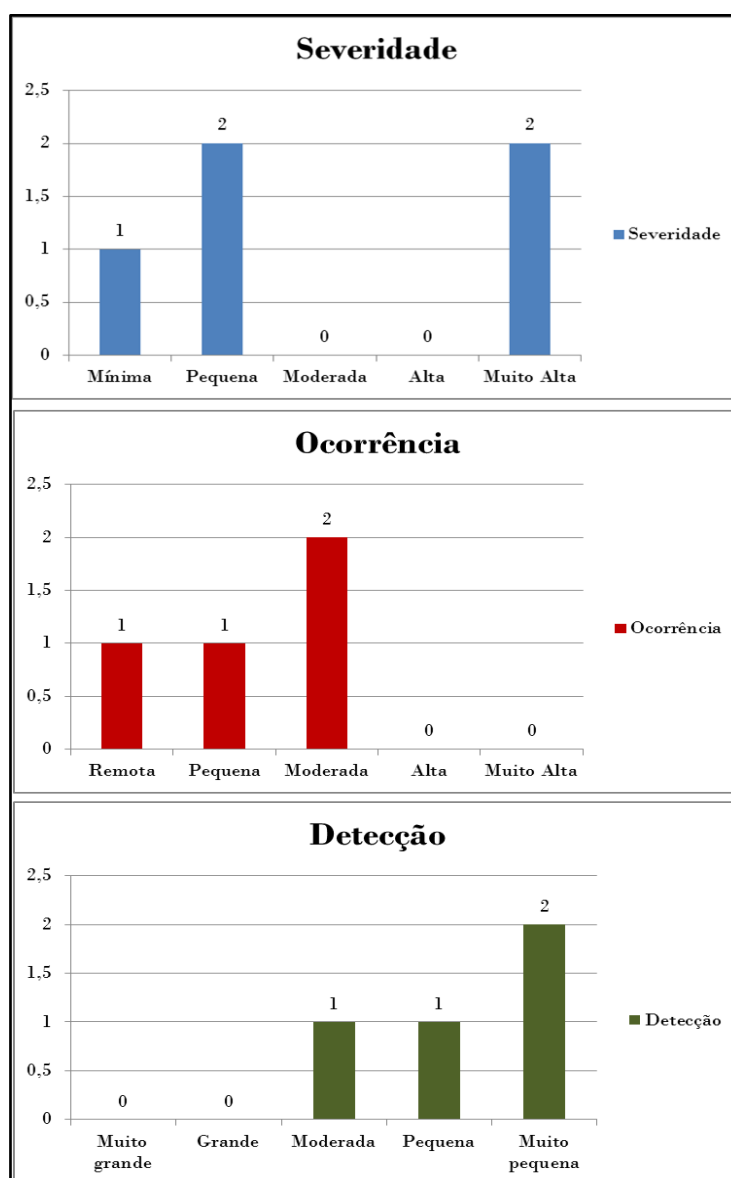
ITEM/ FUNÇÃO	MODO DE FALHA POTENCIAL	EFEITO(S) POTENCIAL(IS) DA FALHA (S)	SEVERIDADE	CAUSA(S) E MECANISMO(S) POTENCIAL (IS) DA FALHA (S)	OCORRÊNCIA	CONTROLES ATUAIS DO PROCESSO PREVENÇÃO	CONTROLES ATUAIS DO PROCESSO DETECÇÃO	DETECÇÃO	NPR	AÇÕES RECOMENDADAS
PRODUTO 32 A	FALHA NO PRODUTO 32 A	PRODUTO COM REBARBAS NAS BORDAS	9	NAVALHA CEGA	6	INEXISTENTE	INSPEÇÃO VISUAL NO FIM DO PROCESSO	3	162	SUBSTITUIÇÃO DE NAVALHAS
		PRODUTO MAL FORMADO	8	PROBLEMA NO AR DE EXTRAÇÃO	10	MANUTENÇÃO PREVENTIVA DOS COMPRESSORES	INSPEÇÃO VISUAL NO FIM DO PROCESSO	2	160	MANUTENÇÃO DAS VÁLVULAS E COMPRESSORES
				PROBLEMA NO CORTE		INEXISTENTE				AJUSTE NO PASSO E CHECAGEM DAS NAVALHAS DE CORTE
				PROBLEMA NA REGULAGEM DA MÁQUINA		INEXISTENTE				PADRONIZAÇÃO E TREINAMENTO
		PRODUTO COM MARCAÇÕES	4	MESA DA MÁQUINA MARCADA	4	INEXISTENTE	INSPEÇÃO VISUAL NO FIM DO PROCESSO	6	96	RETIFICAÇÃO E NITRETAÇÃO DE MESAS MARCADAS

Fonte: Autora (2018)

4.5 CONTROLAR

O controle sugerido para a melhoria do FMEA seria o monitoramento dos seus próprios índices. O método já conta com esse controle através dos gráficos relativos aos índices de Severidade, Ocorrência e Detecção, ou seja, o controle seria realizado de forma simples e as distorções observadas nos gráficos serviriam de alertas e como fonte de dados para justificar as ações a serem tomadas, como uma delas, retomar o ciclo DMAIC. Exemplos dos gráficos de controle mencionados estão apresentados na Figura 29.

Figura 29 - Gráficos de controle para índices FMEA



Fonte: Autora (2018)

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho, que teve por objetivo a implantação da metodologia DMAIC para investigar e reduzir os desperdícios de uma indústria de embalagens plásticas conseguiu que seu objetivo fosse atingido, adquirindo resultados satisfatórios e construtivos para a validação do estudo. A aplicação do DMAIC desenvolvida para a investigação dos desperdícios permitiu a identificação de uma variação dos índices de desperdício em relação às máquinas e turnos da empresa. Essa identificação permitiu que as causas fossem explicitadas e que soluções fossem sugeridas, a fim de tentar sanar os problemas e, conseqüentemente, reduzir os índices de desperdício. A conclusão da variabilidade dos índices impulsionou a utilização da análise de falhas e do FMEA, ferramentas chave para que os problemas fossem previstos ou corrigidos. Entretanto, não foi possível implantar e monitorar as sugestões de melhorias na empresa, nem apanhar uma avaliação quantitativa dos índices após as adequações desenvolvidas na metodologia.

A empresa J em questão poderá estudar as propostas de melhorias descritas e dar continuidade na implantação do método em um intervalo de tempo desejado, mesmo que não esteja inserido no período de realização do trabalho. Essa experiência iria estabelecer os ganhos mais significativos, os pontos negativos mais influentes e os principais pontos de melhoria, para que a característica cíclica do DMAIC possa ser implantada. A empresa poderia tentar aprofundar e entender a motivação das diferenças encontradas, especialmente por entender que elas não deveriam existir. Os recursos disponíveis entre os turnos não são tão distintos para que esteja ocorrendo essas variações nos índices. As máquinas utilizadas são as mesmas e mesmo sabendo que falhas podem ocorrer no equipamento, não faz sentido que elas ocorram apenas no período da noite.

Para pesquisas futuras, sugere-se total atenção nas etapas de medir e analisar, caracterizadas como as etapas cruciais da metodologia DMAIC. A utilização das ferramentas na implantação do DMAIC também merece destaque positivo, visto que elas serviram como base argumentativa para as considerações e conclusões definidas. Além disso, também deve ser considerado análises estatísticas dos dados para as demais linhas de produtos, considerando que a investigação obteve sucesso para a linha com maior desperdício.

REFERÊNCIAS

ABRE. **Estudo Macroeconômico da Embalagem ABRE/ FGV**. Disponível em: <<http://www.abre.org.br/setor/dados-de-mercado/dados-de-mercado-2016>>. Acesso em: 01/09/2018

ABRE. **Embalagem** . Disponível em: <<http://www.abre.org.br/setor/apresentacao-do-setor/a-embalagem>>. Acesso em: 03/09/2018.

ABRE. **Valor do Design**. Disponível em: <<http://www.abre.org.br/conmitesdetrabalho/design/valor-dodesign>>. Acesso em: 03/09/2018.

APOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência: filosofia e prática de pesquisa**. 2ª Edição. São Paulo, 2012.

BATALHA, M. O. et al. **Introdução à engenharia de produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da Qualidade – Conceitos e Técnicas**. 3ª Edição. São Paulo: Atlas, 2016.

CORRÊA, Henrique Luiz; GIANESI, Irineu G. N. **Just in Time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico**. 2ª Edição. São Paulo: Atlas, 2013.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 4ª Edição. São Paulo: Atlas, 2017.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6ª Edição. São Paulo: Atlas, 2017.

JURAN, J.; DEFEO, J. **Fundamentos da qualidade para líderes**. 1ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2015.

LIKER, J.K. – **O Modelo Toyota – 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo**. Ed. Bookman, 2005.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. 3ª Edição. São Paulo: Saraiva, 2015.

MONTGOMERY, D. c. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 7ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

ORTIZ; Chris A. **Kaizen e Implementação de Eventos Kaizen**. Porto Alegre: Bookmam, 2010.

SLACK, Nigel; JONES, Alistar Brandon; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 4ª Edição. São Paulo: Atlas, 2016.

TOLEDO, J. C. et al. **Qualidade – Gestão e Métodos**. 1ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2013

WERKEMA, M.C.C. **Criando a cultura Lean Seis Sigma**. 2ª Edição. Belo Horizonte: Werkema Editora, 2012

WERKEMA, C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2013.

VOITTO TREINAMENTO E DESENVOLVIMENTO. **O que é e como funciona o Seis Sigma**. Apostila do treinamento. 2018

ANEXO 1

		Título				Código
		CONTROLE DE DESPERDÍCIO				
		Aplicação				
TURNO: DIA <input type="checkbox"/> NOITE <input type="checkbox"/>						
RESPONSÁVEL: _____ DATA: ____/____/____						
MÁQUINA	PRODUTO	PESO (kg)	PESO (kg)	PESO (kg)	PESO (kg)	TOTAL (kg)
MÁQUINA 1						
MÁQUINA 2						
MÁQUINA 3						
MÁQUINA 4						
MÁQUINA 5						
MÁQUINA 6						
MÁQUINA 7						
MÁQUINA 8						
MÁQUINA 9						
MÁQUINA 10						
MÁQUINA 11						
MÁQUINA 12						
OBSERVAÇÃO:						
1. _____						
2. _____						
3. _____						
4. _____						
5. _____						
6. _____						
<div style="text-align: center;"> _____ Assinatura Supervisor </div>						

ANEXO 2

	Título:	Código
	CONTROLE DE LOTES DE PRODUÇÃO	
	Aplicação:	Revisão

MÁQUINA: _____ OPERADOR: _____ DATA: ____/____/____
 PRODUTO: _____ Qtd de Caixa por lote: _____
 TURNO : DIA ☐ NOITE ☐

NÚMERO DE LOTES				
nº	HORÁRIO	nº	HORÁRIO	FRAÇÃO
1		6		- +
2		7		
3		8		TOTAL PRODUZIDO
4		9		
5		10		

CONTROLE DE PARADAS DE MÁQUINA				
HORA DE INICIO	HORA FIM	TEMPO (min)	MOTIVO	OBSERVAÇÃO
Tempo Total de parada (min)				
MOTIVO PARADAS				
1 - TROCA DE BOBINA	5 - SETUP	9 - AGUARDANDO MANUTENÇÃO	13 - BOBINA FINA/GROSSA	
2 - TROCA DE NAVALHA	6 - REG. DE MÁQUINA	10 - MANUTENÇÃO ELÉTRICA	14 - BOBINA PONTO PRETO	
3 - FALTA MATERIAL	7 - REUNIÃO	11 - MANUTENÇÃO MECÂNICA	15- OUTROS	
4 - REFEIÇÃO	8 - AQUECIMENTO	12 - BOBINA FURADA		

 Assinatura Supervisor

APÊNDICE A

ANÁLISE DE FALHAS			Folha: 1
Setor	Produto	Turno	Responsável
Termoformagem	32 A	Dia	Augusto
1. Em qual máquina ocorreu? Máquina 10			
2. Qual é a falha? Rebarbas nas laterais das embagens.			
3. Com que frequência está ocorrendo? A cada 50 embalagens prontas.			
4. O impacto causado foi:			
<input type="checkbox"/> Baixo <input checked="" type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Alto			
5. Quais possíveis causas? Navalha; Operador; Rolamento externo; parafuso do eixo.			
6. Urgência de solução:			
<input checked="" type="checkbox"/> Imediata <input type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Alto			
7. Sugestão de Solução? Nenhuma no momento.			
ÍNDICES			
Ocorrência (1-10) (baixa/alta probabilidade)	Severidade (1-10) (pouco/muito grave)	Detecção (1-10) antes/depois do cliente	
7	8	3	
Data ____/____/____		Assinatura _____	

APENDICE B

QUAL MOTIVO VOCÊ ACREDITA QUE GERA
MAIOR DESPERDÍCIO DE PRODUTOS?

(Responder no máximo duas alternativas)

- ☐ REGULAGEM DE MÁQUINA
- ☐ TEMPERATURA ELEVADA
- ☐ DEFEITO NA MÁQUINA
- ☐ BOBINA DEFEITUOSA
- ☐ ERRO OPERACIONAL
- ☐ NAVALHA CEGA